



M 2015

REDUÇÃO DE TEMPOS NA MUDANÇA DE PRODUÇÃO

MANUEL FILIPE DA COSTA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

Redução de tempos na mudança de produção

Manuel Filipe da Costa Silva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-07-01

À Família e aos Amigos,

Resumo

No âmbito do projeto de dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi-me proposto como projeto curricular, pela Bosch Car Multimedia Portugal, abordar a redução de tempos na mudança de produção nas linhas de inserção de componentes da fábrica.

Este projeto utiliza o método de Shingeo Shingo, *Single Minute Exchange of Die*, para a redução de tempos na mudança de produção. Inicialmente foi necessário observar todas as tarefas, tanto internas como externas, necessárias para a mudança de produção, verificando como essas tarefas influenciam os tempos de *setup*. Reconhecendo prioridade às tarefas internas estas foram mais detalhadamente abordadas, não descurando, também, as tarefas externas.

No contexto do presente projeto várias oportunidades de melhoria foram constatadas e analisadas para as quais foram formuladas e validadas propostas de melhoria com o objetivo final de redução de tempos na mudança de produção.

Recorrendo a um *workshop*, reuniram-se todos os colaboradores, que diretamente podiam influenciar as tarefas de troca de ferramentas, promovendo o diálogo para a identificação de propostas de melhoria. Foram realizadas reuniões de seguimento diárias, de planeamento de atividades, com o objetivo de redução de tempo de implementação do plano de ações resultante do *workshop*.

A necessidade da criação e de incorporação das propostas de melhoria num procedimento *standard* de trabalho é um aspeto muito relevante para este projeto.

As propostas de melhoria apresentadas permitem a redução dos tempos de *setup* na máquina de impressão de dez minutos para três minutos e dezassete segundos, uma redução de 67%, sendo de salientar como muito importante a procura da melhoria contínua das tarefas de mudança de produção através da confirmação do processo.

Reduction of changeover times

Abstract

In the scope of the dissertation project of the Master's Degree in Mechanical Engineering of the Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto it was proposed by Bosch Car Multimedia Portugal, as a project, to approach the changeover times reduction in component insertion lines in Bosch's Car Multimedia Portugal factory in Braga.

This project uses Shingeo Shingo method, Single Minute Exchange of Die, to reduce changeover times. Initially it was necessary to check all tasks, internal and external, verifying how those tasks influence setup times. Acknowledging priority to internal tasks, these were more minutely addressed, not forgetting, also, the external tasks.

On the context of this project various improvement opportunities were detected and valid improvement proposals were presented keeping in mind the final objective of reducing changeover times.

Recurring to a workshop, a dialog between all workers, that directly influence changeover tasks, was promoted to propose improvements. Through follow-up meetings, implementation of improvement proposals was sought.

The need to create and to incorporate improvement proposals in standard work was a very relevant aspect for this project.

The presented improvement proposals allow the reduction of setup times from ten minutes to three minutes and seventeen seconds, a reduction of 67%, being also highlighted as very important the continuous search for improvement in changeover tasks.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Francisco Vieira pela disponibilidade e por todo o conhecimento transmitido enquanto orientador do projeto. A todo o departamento de MFI2-CP e MFI2-CH pelo companheirismo e pela ajuda na integração na empresa. Ao André Barbosa por todo interesse e acompanhamento durante todo este processo. A todos os colaboradores da Bosch que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

Ao Professor Hermenegildo Pereira que, como orientador por parte da FEUP, contribuiu com importantes conselhos para o maior sucesso deste projeto.

A toda a família que durante todo este percurso acompanharam e apoiaram.

À Raquel por toda a paciência e ajuda em todos bons e maus momentos.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa.....	1
1.2	SMED na Bosch.....	2
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto.....	2
1.5	Estrutura da dissertação	2
2	Considerações teóricas.....	4
2.1	Trocas rápidas de ferramentas	4
2.2	Single Minute Exchange of Die	5
2.3	Críticas ao SMED.....	6
2.3.1	Sequenciamento de peças	6
2.3.2	Perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração	7
2.3.3	Melhorias em projeto	8
2.4	Abordagem 5'S	8
2.5	Poka-yoke	9
2.6	<i>Surface Mount Technology</i>	10
3	Análise da situação atual	12
3.1	Processo produtivo	12
3.1.1	Preparação de fases.....	12
3.1.2	Telas e aplicação de pasta de solda.....	13
3.1.3	Colocação dos componentes.....	14
3.1.4	Descrição do processo	15
3.2	Análise do estado atual das atividades externas	16
3.2.1	Fluxo de informação	16
3.2.2	Distribuição de material auxiliar à linha.....	17
3.2.3	Preparação de fases.....	18
3.2.4	Transporte de mesas	20
3.3	Análise do estado atual das atividades internas	20
3.3.1	Software.....	21
3.3.2	Hardware	24
4	Propostas de melhoria	26
4.1	Propostas de melhoria para as atividades externas.....	26
4.1.1	Fluxo de informação	26
4.1.2	Distribuição de material auxiliar à linha.....	27
4.1.3	Preparação de fases.....	28
4.1.4	Transporte de mesas	29
4.2	Propostas de melhoria para as atividades internas.....	30
4.2.1	Máquina de impressão de pasta.....	30
4.2.2	Máquina de inserção automática	41
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	43
	Referências	46
ANEXO A:	Layout do parque de máquinas	47
ANEXO B:	VSDiA	49
ANEXO C:	<i>Standards</i> da preparação de fases	51
ANEXO D:	<i>Standard</i> de <i>changeover</i> de <i>software</i>	54
ANEXO E:	Fluxograma de <i>changeover</i> da EKRA	56
ANEXO F:	Tempos das filmagens do <i>changeover</i> da máquina de impressão de pasta	58

ANEXO G:	<i>Standard de changeover de hardware</i> das máquinas de inserção automática	63
ANEXO H:	Quadro das reuniões de seguimento do <i>workshop</i>	65
ANEXO I:	Fluxograma das reuniões de seguimento do <i>workshop</i>	67
ANEXO J:	Quadro de atividades de seguimento do <i>workshop</i> da primeira semana	69
ANEXO L:	Folhas para registo de <i>offsets</i>	71
ANEXO M:	Quadro de atividades de seguimento do <i>workshop</i> da segunda semana	74

Siglas

CPS – *Cyber-Physical Systems*

IFC – *Instruções para Fabricação e Controlo*

IoS – *Internet of Services*

IoT – *Internet of Things*

OPL – *One Point Lesson*

PCB – *Printed Circuit Board*

PDA – *Personal Digital Assistant*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SDCA – *Standardize-Do-Check-Act*

SMD – *Surface Mount Device*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SMT – *Surface Mount Technology*

VSDiA – *Value Stream Design in indirect Areas*

Índice de Figuras

Figura 1 – Bosch Car Multimedia Portugal situada em Braga	1
Figura 2 – Ilustração do exemplo dos problemas escondidos pelo <i>stock</i> in “Bosch Production System, 2013”	5
Figura 3 – Matriz de sequenciamento de peças	7
Figura 4 – Tempo de <i>setup</i> e perdas associadas por desaceleração e aceleração in “McIntosh, Culley, et al., Improving Changeover Performance, 2001”	8
Figura 5 – Juntas de solda da tecnologia <i>through-hole</i> in “Hui, <i>Analysis of surface mount technology solder joints</i> , 1996”	10
Figura 6 – Juntas de soldadura da tecnologia SMT in “Hui, <i>Analysis of surface mount technology solder joints</i> , 1996”	11
Figura 7 – Tela (lado esquerdo) e PCB (lado direito)	11
Figura 8 – Mesa equipada com <i>feeders</i> e rolos de material	13
Figura 9 – Sinalética verde a indicar a validação da fase e amarela a indicar que a fase está validada mas com <i>dry pack</i> para montar	13
Figura 10 – Raquetele	14
Figura 11 – Carrinho onde são colocadas as telas, pasta e materiais auxiliares: a) parte traseira b) parte frontal	14
Figura 12 – <i>Layout</i> de uma linha (SMD 2)	15
Figura 13 – Caminho seguido pelo <i>milk-run</i> das telas	17
Figura 14 – a) Cartão de necessidades para as linhas SIPLACE b) Cartão de necessidades para as linhas Panasonic	18
Figura 15 – <i>Layout</i> da preparação de fases	18
Figura 16 – Local onde as mesas, representadas a verde e a rosa, estão armazenadas	20
Figura 17 - Monitor da máquina de impressão de pasta de solda EKRA	23
Figura 18 – OPL da troca de programas nas máquinas Panasonic (OPL nº PIC28)	23
Figura 19 – OPL da troca de mesas nas máquinas Panasonic (OPL nº PIC29)	24
Figura 20 – Sistema de identificação do local das mesas	30
Figura 21 – Aperto fácil das raqueteles	32
Figura 22 – Suporte intermédio para colocação da tela para limpeza	33
Figura 23 – Planeamento das atividades do <i>workshop</i>	35
Figura 24 – Esquema dos quadros do Metaplan	36
Figura 25 – Quadros com oportunidades e propostas de melhoria	37
Figura 26 – Quadro com <i>flash kaizen</i> (lado esquerdo) e quadro para justificação de <i>flash kaizen</i> (lado direito)	38
Figura 27 – Quadro com matriz de priorização (lado esquerdo) e quadro de plano de ações (lado direito)	39
Figura 28 – Proposta de corte de proteções da máquina	42
Figura 29 – Proposta para proceder à retirada das mesas das máquinas de inserção automática Panasonic	42

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tabela de apresentação de propostas de melhoria para as atividades externas	26
Tabela 2 – Tabela de apresentação de propostas de melhoria para a máquina de impressão de pasta EKRA.....	31
Tabela 3 – Novo <i>standard</i> com tempo total previsto de quatro minutos e dezassete segundos	35
Tabela 4 – Sugestões propostas pelos participantes do <i>workshop</i>	37
Tabela 5 – Quadro de justificação de propostas de melhoria com <i>flash kaizen</i>	38
Tabela 6 – Tabela de atividades da primeira semana	40
Tabela 7 – Tabela de atividades da segunda semana	40
Tabela 8 – Tabela de atividades do campo “Semana n+1” da segunda semana de seguimento do <i>workshop</i>	41
Tabela 9 – Novo <i>Standard</i> incorporando todas as propostas de melhoria.....	43

1 Introdução

1.1 Apresentação da Empresa

A Bosch deve o nome ao seu fundador, Robert Bosch (1861-1942) que com apenas vinte e cinco anos, fundou em Estugarda, na Alemanha, a sua primeira oficina mecânica de precisão elétrica. O nome ficou desde sempre associado à indústria automóvel.

A divisão Car Multimedia da Bosch surgiu no começo dos anos 30, quando o Grupo adquiriu a empresa Ideal, especializada na produção de auscultadores. Atualmente, está sediada em Hildesheim, na Alemanha.

A Bosch dá, assim, início ao desenvolvimento de Sistemas Car Audio, sob a marca Blaupunkt, lançando o primeiro auto-rádio europeu. Assim, construiu uma história ligada à inovação, tendo sido pioneira na introdução de rádios de frequência modulada (FM), em 1952, e responsável pelo lançamento do primeiro rádio com CD, vinte anos depois. Em 1982, abre o leque dos seus produtos, desenvolvendo o primeiro Sistema de Navegação.

Esta divisão assenta a sua estratégia na oferta de soluções inteligentes que integrem entretenimento, soluções de navegação, telemática e assistência ao condutor, focando-se em soluções para tornar a condução mais fácil, mais económica e mais segura. Proporcionar, nos veículos que equipa, uma condução cómoda é o seu objetivo, do qual faz parte dar uma resposta ao crescente interesse do condutor por questões como o consumo de combustível e redução de emissões de gases. Com esta visão que denomina de *Driving Convenience*, o Grupo Bosch pretende assegurar a sua expansão nesta área de negócio com rentabilidade sustentada.

A unidade de Braga é a principal fábrica da divisão Car Multimedia da Bosch (Figura 1) e a maior empresa do Grupo em Portugal, tendo iniciado a sua atividade em 1990. Atualmente, é um dos maiores empregadores privados da região, a maior fábrica de auto-rádios da Europa e um dos principais exportadores nacionais.

A Bosch Car Multimedia Portugal é especializada no fabrico e desenvolvimento de produtos eletrónicos complexos, principalmente sistemas de navegação para a indústria automóvel, sendo responsável por todo o processo de produção, desde a construção por protótipo até à produção em série.



Figura 1 – Bosch Car Multimedia Portugal situada em Braga

1.2 SMED na Bosch

A metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED), que possibilita a redução dos tempos de *changeover*, já se encontra implementada na divisão Car Multimedia da Bosch em Braga desde há muitos anos, e dispõe de pessoas especializadas não só para realizar as atividades de SMED como para o estudo da redução do tempo das mesmas.

A Bosch Car Multimedia em Braga dispõe no seu processo produtivo de dois tipos de máquinas de inserção automática de componentes nas placas, SIPLACE e Panasonic. Neste momento o tempo de mudança de ferramenta nas máquinas SIPLACE é consideravelmente mais reduzido que nos equipamentos Panasonic. Este facto obriga a que as mudanças de ferramenta nos equipamentos Panasonic sejam realizadas com menor frequência, o que leva a uma menor flexibilidade do processo produtivo. Também no seu processo produtivo, a Bosch possui máquinas de impressão de pasta com tempos de mudança de produção elevados.

Pretende-se com este projeto reduzir os tempos de mudança de produção para os equipamentos mencionados.

1.3 Objetivos do projeto

Para fazer um acompanhamento do projeto, que se desenrolou durante quatro meses, definiram-se etapas e pontos intermédios que são traduzidos em objetivos:

- Observar e compreender todas as tarefas necessárias para a realização do *changeover* em linhas SMD;
- Identificar oportunidades de melhoria em tarefas de *changeover*;
- Apresentar propostas de melhoria com vista à redução dos tempos na mudança de produção.

Como objetivos finais do projeto foram definidos os seguintes:

- Normalizar as tarefas de *changeover* em linhas SMD;
- Reduzir os tempos das tarefas de mudança de produção em linhas SMD para valores mínimos.

1.4 Método seguido no projeto

O método utilizado envolveu a realização de uma correta e aprofundada análise da situação atual. Este é um passo importante para a identificação das oportunidades de melhoria, tanto ao nível técnico, como organizacional. A observação foi suportada com a realização de três filmagens que permitiram retirar os tempos que atualmente demoram as atividades de *changeover*. As propostas de melhoria e os vídeos filmados foram apresentados e discutidos com operadores, com chefias, e com especialistas do processo procurando absorver e integrar as sugestões, com vista ao objetivo de redução dos tempos atuais praticados durante o *changeover*.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. Esses cinco capítulos contêm subcapítulos que subdividem o assunto a tratar em cada capítulo de forma a possibilitar uma melhor perceção dos temas falados.

No primeiro capítulo é feita uma breve introdução ao projeto e à empresa em que se vai desenrolar a dissertação, e também a anteriores desenvolvimentos na área em que esta dissertação se foca.

No segundo capítulo são apresentadas considerações teóricas tidas como essenciais para fazer uma integração do assunto principal da dissertação, assim como clarificar conceitos que vão ser utilizados no decorrer do texto.

No terceiro capítulo encontra-se descrita a situação atual da empresa na área a ser analisada. É também relatado de que forma decorrem as operações de *changeover* e outras operações auxiliares às atividades de *changeover*.

No quarto capítulo são apresentadas:

- as propostas de melhorias para os problemas observados e relatados no capítulo anterior;
- os ganhos obtidos com essas propostas de melhoria;
- as atividades realizadas para submeter essas propostas a avaliação e validação.

No quinto capítulo encontram-se as conclusões finais da dissertação e também as perspectivas de trabalhos futuros que podem ser realizados na mesma temática.

2 Considerações teóricas

2.1 Trocas rápidas de ferramentas

A troca rápida de ferramentas é uma temática por vezes negligenciada por não adicionar diretamente valor ao produto. Porém o processo encontra-se parado, aquando da troca de ferramentas, o que traz custos para a empresa. Qualquer operação que não acrescente valor ao produto é considerada como um desperdício e é do interesse das instituições a sua eliminação. Isto constitui a base da produção *lean*, onde o objetivo é eliminar o desperdício.

Com o desenvolvimento da indústria existe também a necessidade de aumentar a oferta ao consumidor. Os clientes têm diferentes gostos pessoais que devem ser satisfeitos. Assim sendo, a célebre frase de Henry Ford “pode escolher qualquer cor, desde que seja preto” não traduz uma situação atual, não deixando de ser uma referência para a história da indústria (Suzaki 1987).

Atualmente o pensamento é focado na orientação para o cliente. O cliente tem expectativas diversificadas que têm de ser atendidas. A troca rápida de ferramentas tem um papel fundamental neste campo pelo que o seu estudo é do maior interesse.

A troca rápida de ferramentas também denominada como *quick changeover* tem como objetivo principal reduzir o tempo de *setup*, ou seja o tempo decorre entre o final de produção de um produto até ao início de produção do produto seguinte. Reduzir o tempo de *setup* possibilita aumentar a frequência com que este pode ocorrer que, por sua vez, permite reduzir o tamanho dos lotes de produção. Exemplificando, uma máquina com tempo de *setup* alto necessita de trabalhar durante bastante horas, possivelmente até dias, para se tornar rentável. Se a máquina tiver um tempo de troca menor, como por exemplo dez minutos ou menos, o tempo necessário que esta tem que estar a trabalhar para se tornar rentável é consideravelmente menor. Desta forma a quantidade de *stock* é menor sendo que a minimização dos *stocks* é fundamental numa indústria *lean*. Acrescentado a estas vantagens, a fábrica possui ainda melhor capacidade de resposta às variações de mercado, diminuindo o *lead time* e aumentando a flexibilidade de produção (Lopes, Neto e Pinto s.d.).

Se o tempo de *setup* é elevado existe a necessidade de reduzir o número de *changeovers* pelo que, conseqüentemente, os lotes serão maiores produzindo assim também um maior nível de *stock*. Considerando o nível de *stock* como sendo o nível da água na qual um barco navega, quanto maior for esse nível mais estão escondidas as rochas no fundo, ou seja o desperdício (Figura 2). Reduzir o nível de *stock* vai permitir identificar esses desperdícios obrigando à sua eliminação (Coimbra 2013).

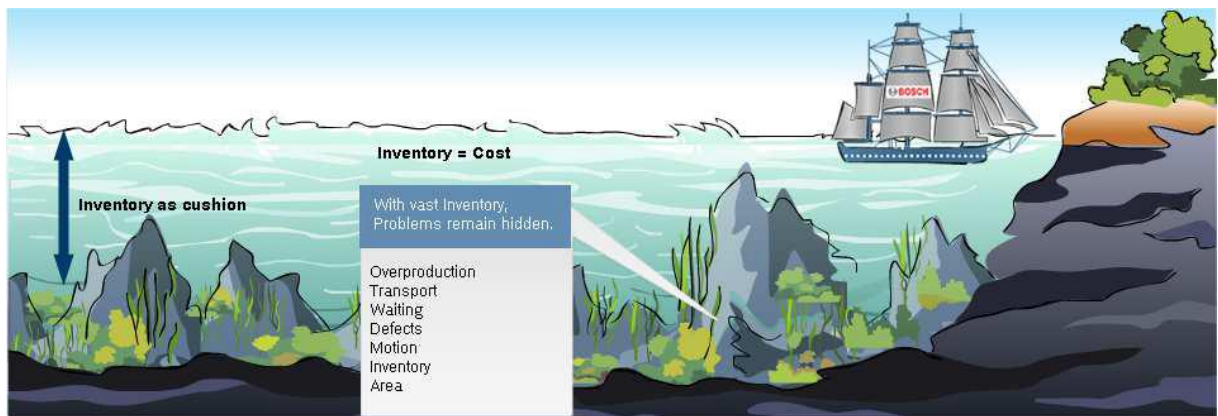


Figura 2 – Ilustração do exemplo dos problemas escondidos pelo stock in “Bosch Production System, 2013”

A identificação e a eliminação de desperdício associado às trocas de ferramentas irá permitir que estas sejam mais rápidas e consequentemente mais frequentes. Para garantir que as trocas de ferramentas ocorrem com a maior frequência e menor tempo possível são desenvolvidas algumas técnicas. Estas técnicas estão presentes na generalidade das indústrias sendo um dos pilares essenciais para a satisfação do cliente, não só por implementação de filosofias *just-in-time*, como também para garantir um maior número de produtos disponíveis. A técnica mais popular de *quick changeover* é o SMED (*single minute exchange of die*), ou seja, a troca de ferramentas em dez minutos ou menos.

2.2 Single Minute Exchange of Die

Single Minute Exchange of Die, ou SMED, é por definição simplificada a troca de uma ferramenta por outra, em menos de dez minutos (Shingo 1985), para produzir um outro produto. Este é um conceito que pode ser aplicado aos recursos produtivos, quando ocorre a mudança de fabrico de um produto para outro com perda de tempo ou eficiência. A aplicação da metodologia SMED é fundamental para a estratégia de maior flexibilidade na produção.

Shigeo Shingo desenvolveu a metodologia SMED como parte do *Toyota Production System*. A Toyota começou a aplicar o método do SMED para reduzir os tempos de mudança (*changeover*) em prensas de estampagem de metal. Taiichi Ohno pretendia implementar princípios de *just-in-time* e diminuir os lotes de produção e aumentar o número de trocas como forma de criar fluxo e eliminar a quantidade de material à espera que resulta da produção em grandes lotes. Numa fase inicial a troca de ferramenta nessas prensas durava quatro horas e tendo a informação que uma fábrica na Alemanha conseguia fazer a mesma troca em duas horas Ohno pretendia realizar essa troca na Toyota em menos de duas horas. Foi o início da metodologia SMED (Coimbra 2013).

O SMED começa por definir o tempo de *changeover* como sendo o tempo decorrido desde o final da produção da última peça de boa qualidade do último lote de produção até à primeira peça de boa qualidade do lote de produção seguinte. Este tempo inclui todas as atividades em que a máquina está parada ou a trabalhar a velocidade reduzida (Coimbra 2013).

O método SMED muda a maneira de pensar em relação aos *setups*. Utilizando esta metodologia é possível ver o *changeover* como sendo uma atividade que pode ser realizada rapidamente. Assim sendo quando as trocas de ferramenta podem ser feitas em pouco tempo podem ser realizadas quantas vezes forem necessárias. Dessa forma pode ser feita produção em lotes menores tendo isto muitas vantagens (The Productivity Press Development Team 1996):

- Flexibilidade: o cliente muda com frequência as suas exigências sendo que se o tempo de *changeover* é menor é possível ir ao encontro dessa exigência com maior facilidade;

- Entrega mais rápida: produzir em lotes pequenos melhora o fluxo de material sendo que isto reduz o *lead time*;
- Melhor qualidade: menos *stock* significa que há menos defeitos ligados ao armazenamento do produto. O SMED também reduz os erros resultantes dos *changeovers* eliminando testes do novo produto;
- Maior produtividade: *changeovers* rápidos levam a menor tempo de máquina parada permitindo que os equipamentos tenham maior produtividade.

A definição de Shingo (1985) propõe a existência de três estágios de SMED, porém Coimbra (2013) refere a existência de cinco passos, sendo esta abordagem mais detalhada. Os cinco estágios propostos são:

- Estudo da situação atual – Análise do processo na sua fase atual utilizando diagramas de esparguete e análises de tempos. Uma boa caracterização da situação atual vai ser fundamental para a compreensão do problema a ser tratado sendo que o sucesso do projeto de redução de tempos vai estar profundamente ligado a esta fase inicial de estudo da situação atual;
- Separar trabalho interno de externo – Classificação das tarefas em internas – tarefas que têm de ser realizadas com a máquina parada – e tarefas externas – tarefas que podem ser realizadas com a máquina a funcionar. Reorganizar as tarefas de modo a que as tarefas internas estejam no meio do processo e as externas no início e no fim. Neste passo já irão ser verificadas algumas melhorias do tempo de troca de ferramentas;
- Converter trabalho interno em externo – Através de pequenas mudanças é possível por vezes converter tarefas internas em externas;
- Reduzir o trabalho interno – O trabalho interno pressupõe a paragem da máquina onde esse trabalho está a ser realizado pelo que a redução desse trabalho para reduzir o tempo que a máquina está parada é uma prioridade. A utilização de operações paralelas nos *changeovers* permite a redução dos tempos em que a máquina está parada sem ter de proceder a alterações no processo em si. É defendido por Suzaki (1987) que o método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) pode ser útil no desenvolvimento de operações paralelas. O método PERT permite também ajudar a identificar o percurso crítico para o *setup* interno e ajuda a concentrar esforços na sua redução;
- Reduzir o trabalho externo – O trabalho externo pode ser realizado com a máquina a funcionar mas não deixa de ser importante a redução desse trabalho para reduzir desperdício existente.

2.3 Críticas ao SMED

Sendo o trabalho de Shingo revolucionário, alguns autores acreditam não cobrir todos os aspetos da redução de tempos de *setup* (Sugai, McIntosh e Novaski 2007).

As críticas apontadas envolvem essencialmente três campos, o sequenciamento de peças, as perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração e as melhorias em projeto. Importa, então, analisar cada um desses campos de forma a compreender de que forma está o SMED limitado e de que forma deve ser o estudo das trocas de ferramenta possibilitando contornar essas limitações do método SMED.

2.3.1 Sequenciamento de peças

Quando uma equipa define o tempo de *setup* de uma máquina, seja qual for a metodologia adotada, deve estar atenta à realidade das diferentes transições possíveis entre os produtos a

serem feitos nesta máquina (Sugai, McIntosh e Novaski 2007). O tempo de *setup* sendo definido como o tempo que leva desde o fim da última peça de boa qualidade do lote anterior até à primeira peça de boa qualidade do lote seguinte (Coimbra 2013) compreende que se a mudança de ferramenta for realizada entre peças com tempos de processamento diferentes vai originar variabilidade do tempo de *setup*. Sendo então boa prática a organização dos *setups* em classes, por similaridade, realizados sempre que possível em sequência.

Na Figura 3 observa-se uma matriz de sequenciamento de peças. As letras representam os produtos entre os quais o *changeover* vai ser realizado, e os números os tempos que demoram as atividades de *changeover*. Do lado esquerdo da tabela estão os produtos em produção antes do *changeover* e no cimo da tabela encontram-se os produtos a produzir após o *changeover*. Analisando a matriz verifica-se que o correto sequenciamento de peças no *changeover* permite que se opte pelo tempo mais curto para realizar todas as mudanças de produção. Por exemplo, para fazer a mudança de produção entre os produtos A, B e C o caminho mais curto seria, começar com o produto A, mudar para o produto C e posteriormente fazer a mudança para o produto B.

		Produto final:				
		A	B	C	D	E
Produto inicial:	A	-	1	1	2	3
	B	2	-	2	2	2
	C	3	1	-	2	1
	D	2	1	1	-	1
	E	1	2	2	3	-

Figura 3 – Matriz de sequenciamento de peças

2.3.2 Perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração

Atentando na Figura 4 verifica-se que existem perdas de eficiência tanto no período de desaceleração como no de aceleração.

As perdas devidas ao *setup* não são unicamente durante o tempo em que a máquina se encontra parada mas também durante o tempo imediatamente antes e imediatamente após, não se verificando na literatura de Shingo a referência a estas perdas.

Na Figura 4 é verificado também de que forma o sequenciamento de peças afeta o tempo de *changeover* verificando-se que o produto B tem um tempo de processamento maior levando a que haja um aumento do tempo total de troca.

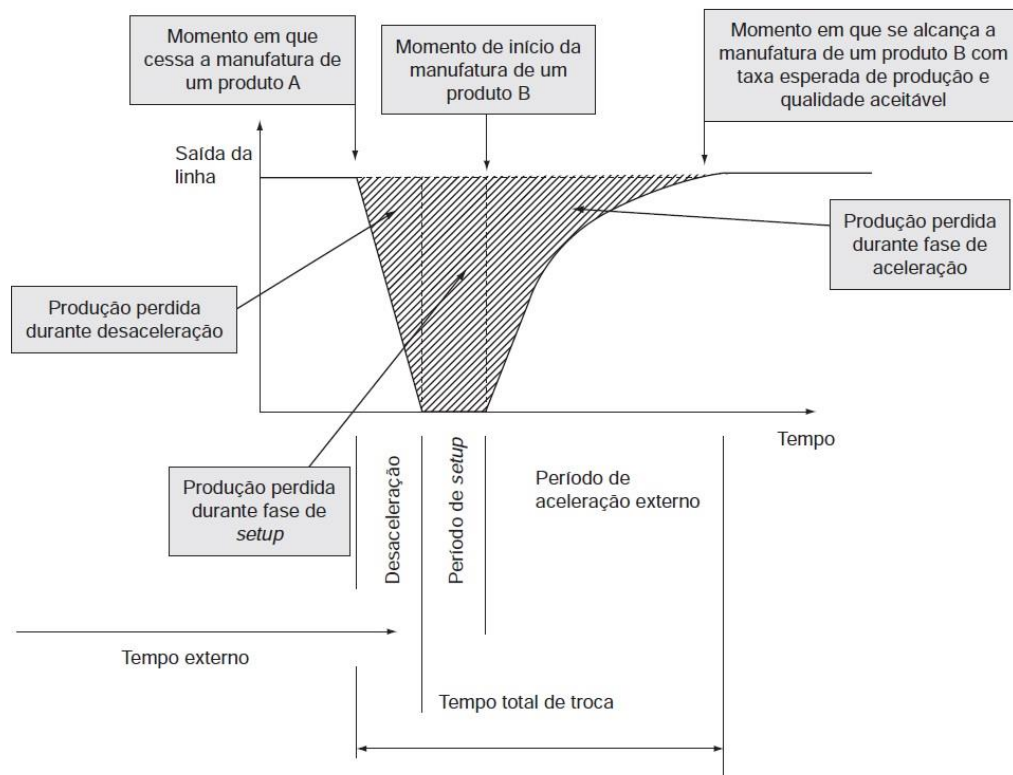


Figura 4 – Tempo de *setup* e perdas associadas por desaceleração e aceleração in “McIntosh, Culley, et al., Improving Changeover Performance, 2001”

2.3.3 Melhorias em projeto

As melhorias em projeto de máquinas, equipamentos e dispositivos para redução do tempo de *setup*, embora mais demorado e com custo maior, podem simplificar, acelerar ou eliminar as atividades de ajustes durante o *setup* (Sugai, McIntosh e Novaski 2007). A ideia de que os tempos de *setup* devem ser reduzidos deve estar presente na altura de concepção do equipamento. Considerar soluções para facilitar e reduzir o tempo de *changeover* no período de *design* vai permitir não só a redução dos tempos como diminuir as perdas de eficiência devido aos períodos de aceleração e desaceleração (McIntosh, Culley, et al. 2005).

2.4 Abordagem 5’S

5’S é uma metodologia para sistematicamente melhorar a organização e limpeza no local de trabalho (Bosch 2013). O nome desta metodologia deriva de cinco palavras japonesas: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*. A finalidade desta metodologia é a de organizar os espaços de trabalho por forma a obter melhor eficiência e eficácia através da identificação e reorganização de todos os elementos de trabalho e mantendo a área de trabalho e esses elementos organizados. Este é um método que assenta no princípio de normalização do trabalho. De forma a entender melhor este processo vão ser descritas sumariamente as cinco diferentes fases deste método (Tapping e Shuker 2003).

1. *Seiri* – Separação

Separar todas as ferramentas e outro tipo de objetos existentes numa área de trabalho e remover tudo aquilo que for desnecessário, sejam ficheiros, ferramentas, equipamentos ou livros. Este passo permite reduzir não só o tempo que se perde a procurar a ferramenta certa como permite também reduzir erros e defeitos por utilização de ferramentas erradas.

2. *Seiton* – Organização

Organizar os itens úteis da área de trabalho de forma a permitir um acesso fácil e eficiente e garantir que todos esses itens se mantêm nessa posição após o seu uso. Este passo deve ser aplicado a áreas de trabalho individuais e também a áreas comuns, como por exemplo, salas de reuniões.

3. *Seiso* – Limpeza

Neste passo é feita uma limpeza de tudo, e é garantido que os objetos se mantêm limpos, sendo que a limpeza vai ser uma ferramenta útil para assegurar que o local e o equipamento se mantêm organizados. Considerando que a operação de limpeza constitui um desperdício então deve existir uma normalização do plano de limpeza.

4. *Seiketsu* – Normalizar

Criação de guias ou *standards* e regras para manter a área de trabalho organizada, em ordem, limpa e fazer com que os *standards* sejam visuais e óbvios já que a normalização requer visualização. Utilização de cores para identificar diferentes ferramentas e o local e produto onde têm de ser utilizadas é um exemplo daquilo que deve ser feito no quarto S.

5. *Shitsuke* – Disciplina

Manter de modo consistente os *standards* definidos. Este é um passo fundamental dos 5'S, visto que uma das maiores dificuldades da criação de *standards* é assegurar que estes são mantidos e cumpridos.

A implementação dos 5'S traz variadíssimos benefícios.

- Permite tornar o processo de trabalho livre de problemas. Desperdício devido a tempo perdido à procura de ferramentas deixa de existir quando tudo está devidamente organizado.
- Há uma maior facilidade na deteção de desvios já que qualquer mudança deverá ser aparente;
- Devido aos procedimentos *standard* a eficiência de trabalho aumenta;
- As melhores condições de trabalho aumentam a motivação do trabalhador.

Os 5'S são implementados sequencialmente e o ciclo *Standardize-Do-Check-Act* (SDCA) seguido do ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) são utilizados como ferramenta para implementar cada um dos diferentes estágios (Bosch 2013).

2.5 Poka-yoke

Esta é uma palavra japonesa que significa “mecanismo anti-erro”. Um mecanismo *poka-yoke* garante que os operários não cometem erros que possam comprometer a qualidade do produto e a segurança. Estes mecanismos normalmente facilitam o trabalho do operador e mesmo que haja uma desatenção ou falta de cuidado por parte do operador, o correto manuseamento do produto está garantido (Suzaki 1987).

Poka-yoke é implementado de forma a assegurar a prevenção de erros como por exemplo instalações incorretas, passos omitidos, erros de operação, confusões ou o envio de peças com defeito (Bosch 2013).

Havendo um erro por parte do operário, um mecanismo *poka-yoke* terá a função de o detetar e evitar as consequências desse erro ou então impedir o funcionamento ou parar a máquina. A melhor maneira de garantir qualidade é assegurá-la processo a processo não possibilitando a passagem de produtos defeituosos para o processo seguinte. Se for garantido que os erros não ocorrem é possível reduzir o tempo gasto na inspeção da qualidade, sendo que não será preciso inspecionar um produto cuja qualidade já está assegurada (Suzaki 1987).

A implementação deste método geralmente assenta em impedir ações erradas. Por exemplo, se um operador só necessita de clicar num número restrito de teclas num teclado pode-se colocar uma tampa que apenas permite o acesso a essas teclas impedindo, assim, que o operador utilize teclas erradas que poderiam comprometer a qualidade do produto.

O método tradicional de lidar com problemas de montagem passa por gastar muito dinheiro na formação e treino dos colaboradores. Dessa forma, quando eventualmente esses colaboradores abandonam a empresa, levam com eles a experiência e conhecimento obtido através dessas formações. Sendo, novamente, necessário treinar novos colaboradores. Implementando sistemas *poka-yoke* o processo de montagem fica simplificado não sendo necessária a formação tão intensiva dos trabalhadores (Dvorak 1998).

É, no entanto, preciso ter atenção na implementação de mecanismos *poka-yoke*. Deve-se implementar estes mecanismos apenas nos locais onde a ocorrência de erros é frequente já que, a aplicação em locais onde não ocorrem erros pode dificultar a tarefa do operador, especialmente, em casos em que o *design* do mecanismo não é o melhor.

Os *poka-yoke* são mecanismos feitos para facilitar e ajudar no trabalho dos operadores. Devem ser desenvolvidos tendo em conta as sugestões desses mesmos, não sendo apenas desenvolvidos pelos engenheiros responsáveis, considerando que não serão eles os utilizadores futuros do mecanismo. A análise dos *poka-yoke* deve ser realizada antes da compra de novas máquinas, analisando se estas já trazem soluções *poka-yoke* e também se outras soluções podem ser realizadas e aplicadas a essas máquinas. (Suzaki 1987).

2.6 Surface Mount Technology

Surface Mount Technology (SMT) é uma tecnologia desenvolvida para colocar os componentes em *Printed Circuit Board* (PCB) estando esta tecnologia presente nos processos de inserção de componentes nos produtos da Bosch.

A necessidade de reduzir os tamanhos no campo da eletrónica é generalizada. Para se atingir o patamar seguinte há sempre a necessidade de haver desenvolvimentos tecnológicos e a montagem de componentes em PCB não é exceção. Neste caso, em particular, o desenvolvimento pode-se dar nas vertentes dos componentes, nos próprios PCB e ainda nos métodos utilizados para montar esses componentes nos PCB.

Inicialmente, era utilizada a tecnologia de *through-hole* para ligar os componentes aos PCB, representado na Figura 5, em que se vê que os componentes atravessam o PCB. Hoje em dia o uso de SMT é mais vulgar.

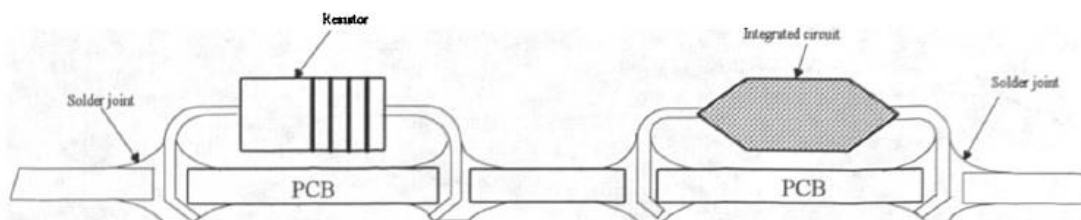


Figura 5 – Juntas de solda da tecnologia *through-hole* in “Hui, *Analysis of surface mount technology solder joints*, 1996”

Ao contrário do que acontece na tecnologia *through-hole*, em SMT os componentes são soldados diretamente na superfície do PCB como se pode ver na Figura 6.

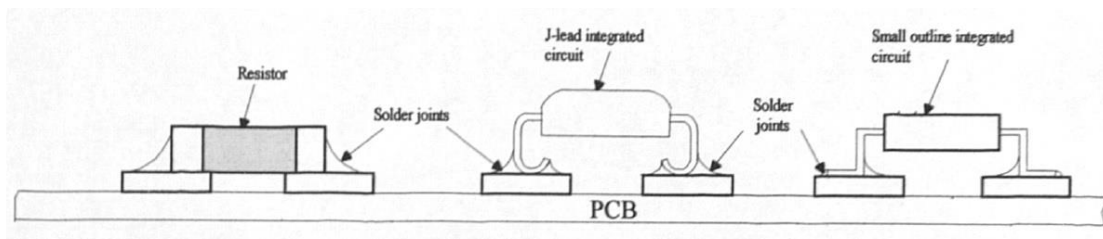


Figura 6 – Juntas de soldadura da tecnologia SMT in “Hui, *Analysis of surface mount technology solder joints*, 1996”

A tecnologia *through-hole* é limitada pelos furos pré existentes no PCB. Então, nem se poderá utilizar componentes mais pequenos visto que a distância de furos já está definida assim como o número de componentes a utilizar é limitado. Por definição o SMT ultrapassa essas dificuldades já que os componentes são montados à superfície não necessitando de furos para serem montados permitindo uma maior flexibilidade.

É possível uma solução híbrida utilizando tanto a tecnologia *through-hole* como a tecnologia SMT, sendo este método o mais complicado. É possível também montar componentes nos dois lados do PCB.

Na Bosch Car Multimedia, atualmente, produzem-se PCB seja com os dois lados impressos ou apenas com um lado impresso. No caso de ter um PCB impresso num só lado, o primeiro passo é aplicar pasta de solda aos PCB. Usando uma tela é possível colocar a pasta de solda no local correto. Na Figura 7 observa-se uma tela e um PCB.

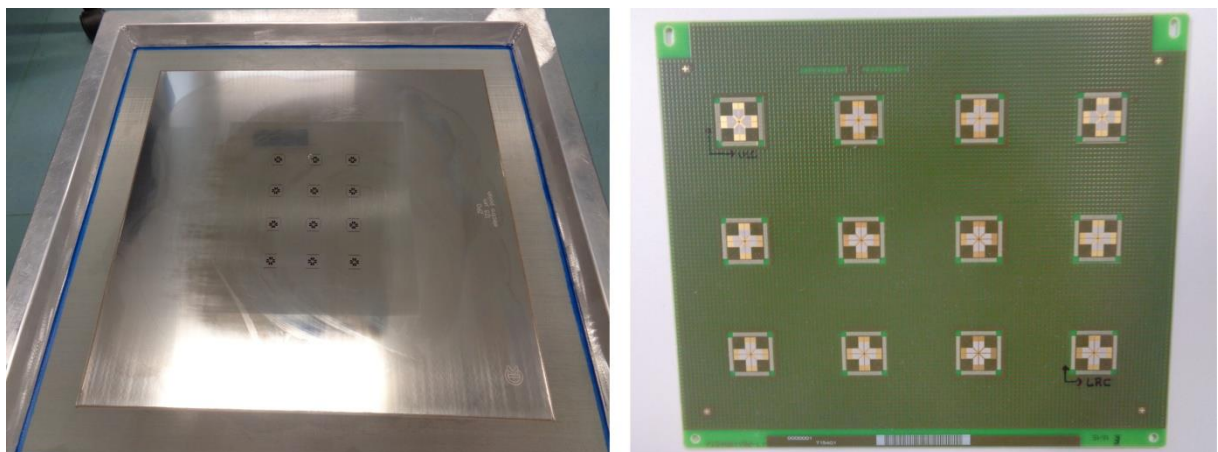


Figura 7 – Tela (lado esquerdo) e PCB (lado direito)

De seguida, os componentes são colocados por uma máquina numa lógica de *pick & place*, ou seja, vai buscar cada componente e coloca-o no *pad*, que é o local correto. Depois é feita a soldadura por *reflow* que no caso da produção em massa é feita, geralmente, por infravermelhos, apesar de também poder ser realizada por fase de vapor. No caso de ter uma placa impressa em ambos os lados o processo é em tudo idêntico sendo que, neste caso, é possível colocar mais componentes numa só placa utilizando-se soldadura por onda ou soldadura por *reflow*. Há no entanto restrições, existem componentes que apenas podem estar expostos a calor de soldadura uma única vez tendo que ficar esses componentes para serem soldados apenas no segundo lado. Poderá dar-se o caso de serem vários componentes com essa restrição sendo então necessário fazer a soldadura nos dois lados numa só passagem. Utilizando uma tecnologia mista existem três tipos de processos diferentes, *surface mount device* (SMD) só no lado da soldadura por onda, SMD só no lado de soldadura por *reflow* ou SMD em ambos os lados da placa (Siemens AG 1999).

Pode ser utilizada tanto pasta de solda de estanho-chumbo como pasta de solda sem chumbo.

3 Análise da situação atual

Neste capítulo é, em primeiro lugar, feita uma abordagem para conhecimento do processo produtivo e, posteriormente, serão analisados os *standards* estabelecidos em projetos anteriores. Os problemas relacionados com esses *standards* e com o funcionamento geral das atividades de *quick changeover* serão também objeto de análise neste capítulo.

3.1 Processo produtivo

Esta descrição segue o processo produtivo desde a matéria-prima recebida pelos fornecedores até ao fim da colocação dos componentes nos PCB. O processo produtivo para a colocação de componentes em PCB segue a tecnologia SMT descrita no segundo capítulo.

As atividades de *quick changeover* na Bosch Car Multimedia já foram previamente trabalhadas pelo que as três primeiras etapas do SMED já se encontram realizadas e, considerando a possibilidade de poder ainda transformar algumas atividades internas em externas, este trabalho não vai abordar essas etapas. É, no entanto, possível melhorar o trabalho já realizado.

Para efetuar a análise às atividades que, neste momento, se realizam no âmbito da troca de ferramentas rápida, é importante em primeiro lugar ter uma ideia global das várias tarefas a realizar, assim como, de alguns termos e equipamentos utilizados. Posteriormente é necessário verificar como o processo decorre desde o momento inicial.

Para possibilitar uma melhor noção espacial, no Anexo A está demonstrado o *layout* do parque de máquinas onde se encontram os equipamentos a serem analisados neste projeto. As diferentes localizações específicas do *layout* são identificadas ao longo dos próximos subcapítulos.

3.1.1 Preparação de fases

A preparação de fases é o processo de preparação das mesas para entrada nas máquinas. Esta atividade demonstra que o SMED já foi implementado e que resulta de uma otimização realizada. As mesas são equipadas com *feeders* e rolos de material como se pode verificar na Figura 8.



Figura 8 – Mesa equipada com *feeders* e rolos de material

O objetivo principal desta etapa é a de não ter que colocar os *feeders* um a um nas máquinas poupando assim tempo nas tarefas internas.

Inicialmente, a preparação de fases recebe uma mesa, a qual estava armazenada em local próprio, após ter saído de uma linha. Depois procede à remoção dos *feeders* e material os quais se encontram na mesa para montar novos *feeders* e material de acordo com o plano de produção.

As mesas após terem sido montadas são colocadas com uma proteção e uma sinalética colorida correspondente, como se verifica na Figura 9. A sinalética verde indica que a fase está validada e está pronta para ir para a linha. A sinalética amarela indica que a fase está validada mas falta ainda montar os *dry pack*. Os *dry pack* são rolos de componentes especiais que não só necessitam de estar protegidos contra a humidade como também têm um tempo de vida de exposição à atmosfera reduzido, pelo que, estão selados e só são abertos e montados na mesa até trinta minutos antes do *changeover*. Os materiais *dry pack* requerem também que sejam selados após a utilização.

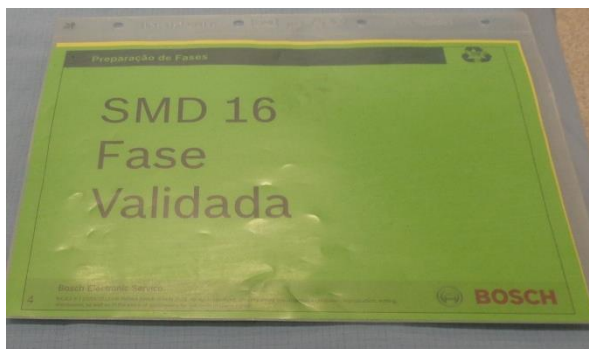


Figura 9 – Sinalética verde a indicar a validação da fase e amarela a indicar que a fase está validada mas com *dry pack* para montar

3.1.2 Telas e aplicação de pasta de solda

As telas são colocadas numa máquina de impressão de pasta (EKRA) que por varrimento, através de umas barras com lâminas denominadas raqueletes (Figura 10), força a pasta de solda através dos orifícios existentes na tela. As telas encontram-se perfuradas em locais onde a pasta de solda terá que entrar em contacto com o PCB. A pasta de solda pode ou não conter

chumbo sendo que, no caso de não conter chumbo, encontra-se identificada pela cor verde assim como as raqueteles onde essa pasta vai ser aplicada.



Figura 10 – Raquetele

As telas e pasta de solda, que são armazenadas num carrinho auxiliar que se encontra na linha (Figura 11), são fornecidas à linha através de um sistema de *milk-run*. Os carrinhos têm uma organização própria de forma a facilitarem as operações de *changeover*. Do lado mais próximo da máquina de impressão de pasta encontra-se a tela que vai entrar para nova produção enquanto do lado oposto o operador coloca a tela usada para ser recolhida pelo *milk-run* das telas. Em cima do carrinho encontra-se, ainda, o líquido de limpeza assim como suportes para as placas de arranque, para os boiões de pasta e para as raqueteles. Na prateleira de baixo encontram-se caixotes com luvas e ainda o local onde são guardadas barras de suporte aos PCB que poderão ou não ser utilizadas.

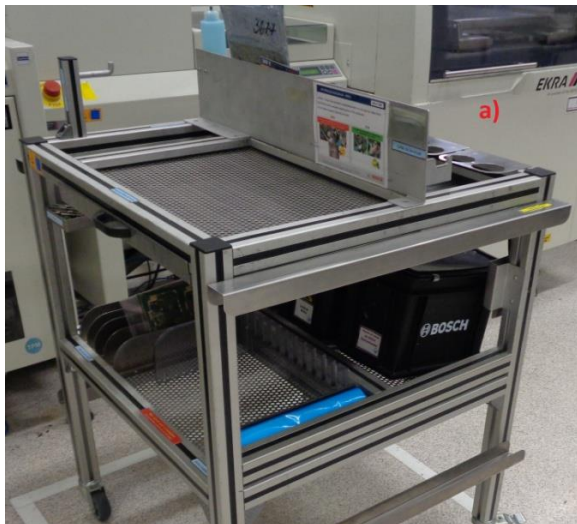


Figura 11 – Carrinho onde são colocadas as telas, pasta e materiais auxiliares: a) parte traseira b) parte frontal

3.1.3 Colocação dos componentes

A colocação dos componentes é realizada pelas máquinas SIPLACE ou Panasonic que funcionam indo buscar os componentes ao *feeder* e colocando-os no local correto no PCB. Para isso as máquinas utilizam *nozzles*, que são bocais, que vão ter que ser recolhidos de *magazines*, que são locais de armazenamento, próprios, que se adequam ao componente que vão buscar. O movimento dentro da máquina é realizado por *gantries* que estão encarregados de ir buscar o *nozzle* correto e, posteriormente, ir buscar o componente ao *feeder* e colocá-lo no local definido. Estas máquinas funcionam por programas sendo que, cada produto a ser

fabricado tem um programa diferente, é portanto necessário parar a máquina para mudar esse programa.

3.1.4 Descrição do processo

O processo começa quando o departamento de logística recebe a informação de quanto produto necessita produzir numa determinada semana. O departamento de logística fornece essa informação ao departamento de produção, que está encarregado de elaborar os planos de produção necessários para produzir a quantidade de produto pretendida.

Posteriormente, os planos de produção são enviados tanto para as linhas como para o local de preparação de fases. Os encarregados da preparação de fases enviam a informação aos supermercados de matéria-prima para, no seu *milk-run* habitual, fornecerem o material necessário para a preparação de fase. A preparação de fases monta as mesas de acordo com o plano e transporta a mesa para a linha onde se vai efetuar o *quick changeover*. As telas também possuem um *milk-run* próprio, funcionando por cartões de necessidades, onde o operador regista tudo o que vai necessitar futuramente. O *milk-run* está encarregado de satisfazer essas necessidades.

O *quick changeover* é então realizado, podendo ser de natureza de *software* ou de *hardware* sendo que, apenas o *quick changeover* de *hardware* necessita da mesa previamente preparada pela preparação de fases. Um *quick changeover* de *software* engloba a mudança dos programas de produção das máquinas e a mudança de tela. Um *quick changeover* de *hardware* vai realizar o mesmo que é realizado pelo *changeover* de *software* sendo que adicionalmente também são substituídas as mesas.

Na Figura 12 pode ser verificado o *layout* de uma linha. Existem diferentes tipos de linha, podendo estas ter mais máquinas de inserção automática ou até uma máquina de impressão a laser no início. No entanto, na Figura 12 é apenas mostrado um exemplo de linha, neste caso de uma linha Panasonic.

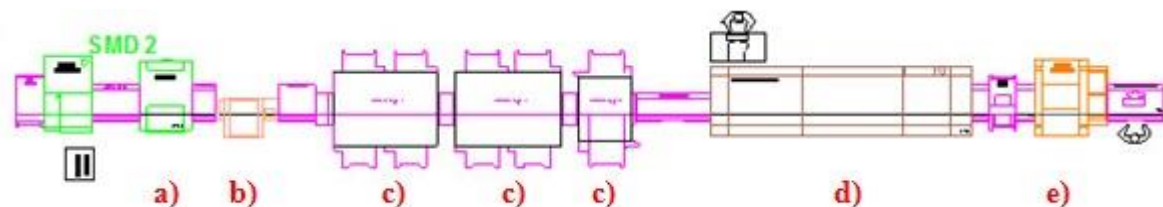


Figura 12 – *Layout* de uma linha (SMD 2)

Loader – Esta máquina tem como função alimentar a máquina seguinte com PCB virgens ou com um dos lados terminado.

Máquina de impressão de pasta (Figura 12 equipamento a)) – Nesta máquina é colocada a pasta de solda nos locais corretos do PCB. Esta aplicação de pasta é feita empurrando pasta, para trás e para a frente, numa tela com orifícios correspondentes ao local no PCB onde tem de ser aplicada pasta. Esta máquina é fornecida pela EKRA.

Máquina de inspeção de pasta de solda (Figura 12 equipamento b)) – A função deste equipamento é a de verificar se há desvios na aplicação de pasta. Deteta erros tanto de posicionamento como de altura de pasta no PCB. O fornecedor desta máquina é a Koh Young.

Máquinas de inserção automática (Figura 12 equipamento c)) – Estas máquinas encarregam-se de colocar os componentes nos locais corretos. Estas vão buscar os componentes necessários aos *feeders* que se encontram na mesa previamente preparada. Para essa operação as máquinas precisam de ter *nozzles*, que se adequam aos componentes e têm de os ir buscar a um *magazine* presente na máquina, a fim de reunir os componentes que

necessitam de colocar no PCB. Nas linhas de produção Bosch existem máquinas de inserção automática SIPLACE e Panasonic.

A linha de produção engloba também uma estufa (Figura 12 equipamento d)) e máquinas de detecção de defeitos (Figura 12 equipamento e)), posicionadas após as máquinas de inserção automática. No entanto, essas máquinas não irão ser estudadas no âmbito deste projeto.

3.2 Análise do estado atual das atividades externas

As atividades externas compreendem o fluxo de informação, a preparação e transporte de materiais necessários à colocação de pasta de solda, a preparação de fases e, ainda, o transporte das mesas para as máquinas. Todo o trabalho que o operador realiza antes e depois do *changeover* é considerado uma atividade externa mas, para melhor estruturação do documento, essas atividades vão ser analisadas no subcapítulo das atividades internas.

Apesar das atividades externas, aparentemente, não afetarem o tempo de *setup*, estas devem ser alvo de uma análise profunda, não só como forma de compreender o que está por trás das operações de *changeover* mas, também, por estas poderem influenciar essas atividades internas. Se, por exemplo, for cometido um erro na preparação isso poderá ter consequências no *changeover*, podendo causar avarias que irão aumentar o tempo da mudança de produção.

As atividades externas possuem, também, um papel importante na eficiência da fábrica pelo que, se possível, devem ser otimizadas. Para se fazer uma boa análise do estado atual das atividades externas envolvidas nos *changeovers* convém não só entender o que e como é feito e se os *standards* previamente desenvolvidos são respeitados. Assim como averiguar se se verificam problemas e, nesse caso, analisar quais são esses problemas e que efeitos têm nas atividades em geral.

3.2.1 Fluxo de informação

Para se obter uma melhor análise do fluxo de informação é utilizada a ferramenta *Value Stream Design in indirect Areas* (VSDiA). VSDiA é uma ferramenta interna da Bosch que funciona similarmente ao modelo de processos por *swimlane*. O VSDiA vai permitir analisar a informação desde que entra na fábrica, até que a preparação de fases efetua o pedido ao supermercado para trazer o material necessário. O Anexo B demonstra o fluxo de informação com recurso ao VSDiA.

Com a análise VSDiA pretende-se averiguar de que maneira é que a informação flui dentro da zona de ação analisada.

Pela análise do VSDiA, desenvolvido e demonstrado no Anexo B, verificam-se as várias etapas do fluxo de informação. Verifica-se ainda se essas etapas adicionam valor ao processo, nesse caso são etapas representadas a cor verde, se apenas são atividades auxiliares, representadas a amarelo, e, representadas a vermelho, estão as etapas que constituem desperdício.

O fluxo de informação começa com a elaboração do plano semanal por parte do departamento de logística. Este departamento recebe previsões por parte dos clientes da quantidade a produzir. O departamento de logística envia então essa informação ao departamento de produção, secção MOE14, que verifica que *stock* é que possui no supermercado intermédio. Esta atividade está assinalada a vermelho constituindo um desperdício. A secção MOE14 verifica então o plano enviado pela logística, procurando saber se possui os programas necessários para fazer os produtos indicados no plano. Estas são atividades auxiliares, necessárias ao passo seguinte de elaboração do plano de produção.

Esse plano de produção é, então, distribuído pelas linhas e pela preparação de fases que necessitarão de requisitar o material necessário para realizar as suas funções. No caso das

linhas, estas terão que requisitar as placas necessárias para produzir ao supermercado através de um *Personal Digital Assistant* (PDA), assim como têm que, através de cartões de necessidades, de requisitar os materiais necessários para fazer o *changeover* da máquina de impressão de pasta. No caso da preparação de fases, terão que requisitar ao supermercado os materiais que necessitam para fazer as suas atividades. Estas atividades são auxiliares visto não acrescentarem valor apesar de serem atividades necessárias.

No fim da produção é introduzido no sistema quanto foram as quantidades produzidas, sendo esta atividade considerada como desperdício.

A secção MOE14 necessita ainda de verificar se o plano desenhado foi cumprido, baseando-se nas quantidades produzidas. Esta atividade é considerada como auxiliar e vai ser necessária para os planeadores poderem saber quantas placas extra é que terão de introduzir no próximo plano de produção.

3.2.2 Distribuição de material auxiliar à linha

As telas, pasta de solda e outros materiais auxiliares são fornecidos à linha por um *milk-run* que segue um caminho como o representado na Figura 13.

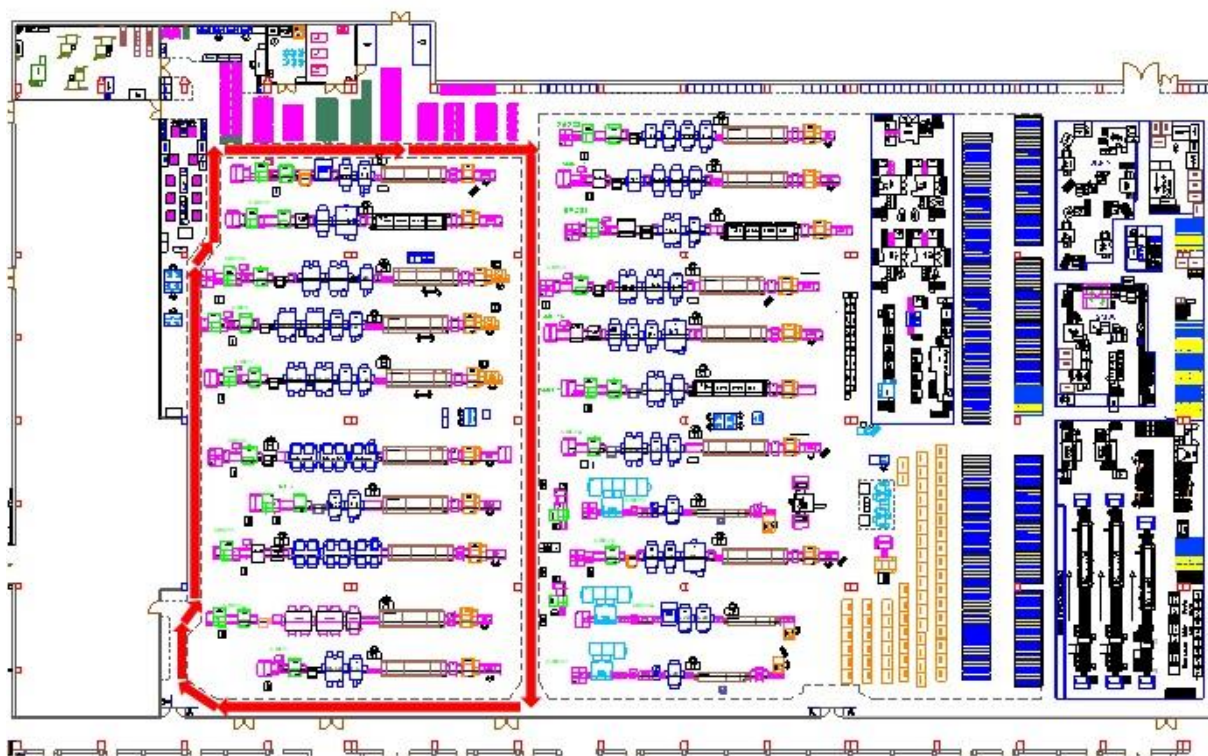


Figura 13 – Caminho seguido pelo *milk-run* das telas

Para ajudar ao *milk-run* é utilizado um cartão de necessidades como o apresentado na Figura 14, que difere conforme a linha é Panasonic ou SIPLACE, que o operador preenche com aquilo que necessita para o *milk-run* poder fornecer.

Pedidos_Linha		BOSCH	
Nº da tela		Lado	O U
Rolo da Ekra	Qtyd	Opti Clean	Vario grid
Emendas	4 8 16 mm	Cravo metalico	
Toalhetes		95mm	Qtyd
Luvax Latex		155mm	Qtyd
Cotonetes	701-032	155mm	Qtyd
Álcool Isopropílico		155mm	Qtyd
Cleaning-tissue		155mm	Qtyd
Zestron	Disp. Ekra	Pasta F816 F621	Raqueletes
			mm

Pedidos_Linha		BOSCH	
Nº da tela		Lado	O U
Rolo da Ekra	Qtyd	Opti Clean	Vario grid
Emendas	225 226 227 228 229		
Toalhetes		95mm	Qtyd
Luvax Latex		155mm	Qtyd
Cotonetes	701-032 858-931 858-184	155mm	Qtyd
Filtros	858-900	155mm	Qtyd
Álcool Isopropílico		155mm	Qtyd
Zestron	Disp. Ekra	Pasta F816 F621	Raqueletes
			mm

Figura 14 – a) Cartão de necessidades para as linhas SIPLACE b) Cartão de necessidades para as linhas Panasonic

O encarregado do *milk-run* das telas tem a função de ir buscar a tela necessária ao armazém de telas, que é um sistema de armazenamento automatizado. Através da introdução da referência da tela necessária, a máquina disponibiliza a tela ao operador encarregado pelo *milk-run* das telas. Ao recolher a tela do armazém leva-a à linha onde a coloca no local correspondente, recolhendo a que estava no local de devolução. Depois de recolher esta tela terá que a lavar e proceder ao seu controlo de qualidade antes de a guardar novamente no armazém.

Esta abordagem às necessidades da linha leva a que, como o *milk-run* é feito de trinta em trinta minutos, por vezes aconteça que a pessoa encarregada do *milk-run* faça viagens em que não recolha cartões nem leve material, constituindo isto um desperdício.

Os PCB para produção são fornecidos por um outro *milk-run*. Esse *milk-run* está também responsável por fazer a recolha dessas placas no final da linha e encaminhar essas placas para um supermercado intermédio, com a devida sinalização indicando qual o processo para onde essa placa será encaminhada.

3.2.3 Preparação de fases

A preparação de fases engloba a preparação da mesa que vai entrar nos equipamentos Panasonic e SIPLACE. Essas mesas são equipadas com os componentes necessários para a produção do produto pretendido e com todos os equipamentos que possibilitam a recolha do material pela máquina.

A zona de preparação de fases segue um *layout* como o que se pode ver na Figura 15.

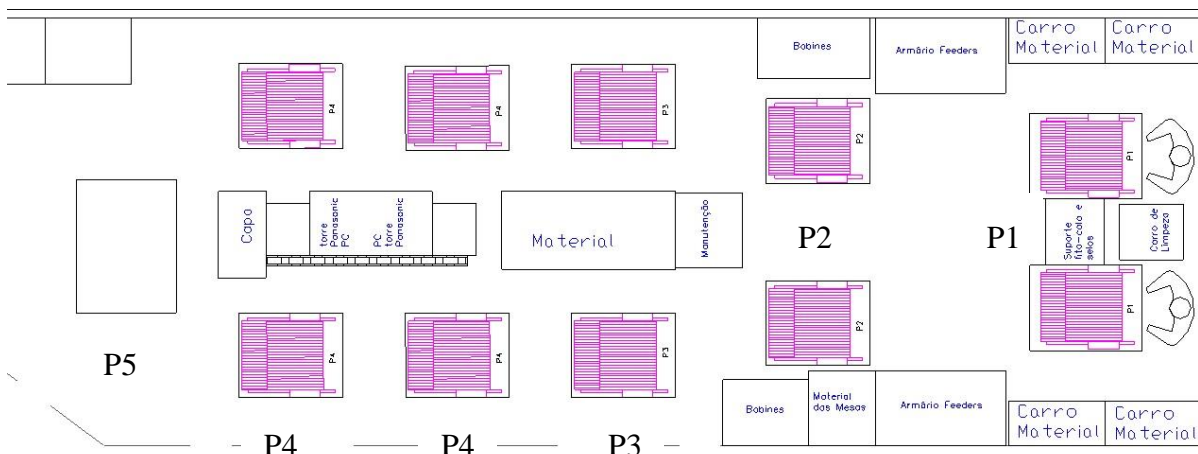


Figura 15 – Layout da preparação de fases

Essa preparação tem *standards* definidos por posto como se verifica nas tabelas do Anexo C.

O processo da preparação de fases começa com o recolher da mesa para o posto 1 (P1) onde vai começar a ser desmontada. No posto 1 vão ser retirados os rolos de componentes e colocados no local de devolução de material à produção. Esses rolos retirados são identificados com um selo laranja, para indicar que já foram utilizados. Neste posto é também retirada a fita transparente, a qual conteve os componentes que foram utilizados pelas máquinas de inserção automática. Por vezes as fitas não são removidas convenientemente o que leva a que tenham que ser retiradas mais à frente no processo de preparação de fases. Segundo o *standard* deve-se puxar a fita cerca de dez centímetros e cortar. Os operadores não têm como saber exatamente quanta fita devem cortar e por isso pode ocorrer que, posteriormente, seja necessário emendá-la se o comprimento cortado for excessivo.

No posto 2 (P2) é feita a limpeza das mesas e são substituídos os *feeders*. A limpeza das mesas é feita para prevenir que os *feeders* estejam mal apoiados, sendo este processo por vezes desnecessário já que a mesa não estará sempre suja quando chega ao posto. Os *feeders* são colocados num armário, sem um sistema de organização visível, estando dependente da experiência do operador a correta identificação dos *feeders* dentro do armário. No caso de um operador ser inexperiente este terá que olhar individualmente para cada *feeder* para o identificar. Em algumas ocasiões o *feeder* pretendido não se encontra dentro do armário tendo o operador que o procurar numa outra mesa, deslocando-se do seu posto de trabalho. Os braços de suporte dos rolos de *feeders* encontram-se depositados num carrinho sem organização, colocados nesse local de forma descuidada sujeitando-os a danos. Por vezes, os braços são mal encaixados nas mesas, sendo necessário utilizar força excessiva e repetitiva para efetuar o seu correto encaixe que pode danificar não só os braços como as mesas.

No posto 3 (P3) são colocados os rolos de material nas mesas. O material a ser colocado encontra-se dentro de caixas, identificadas de acordo com a mesa. Essas caixas são colocadas num carrinho de três andares. Como o carrinho tem três andares, um baixo, um médio e um alto, o operador necessita muitas vezes de dobrar as costas, não só para recolher o rolo de componentes do carrinho, como para o colocar na parte inferior da mesa. Isto leva a que os operadores se queixem das costas, situação agravada por terem que colocar um rolo de cada vez, repetindo frequentemente esse esforço. Os operadores recorrem, por vezes, a um carrinho lateral para colocarem material para se tornar de mais fácil acesso.

No posto 4 (P4) os operadores têm de passar a fita transparente para trás e fazer o ajuste do *pitch* e, posteriormente têm de fazer passar a fita de material até um componente estar exposto. O procedimento é repetido para cada um dos *feeders* e por cada um dos materiais durante um largo período de tempo. Consequentemente, as mesas nos postos anteriores ficam paradas, devido a uma incorreta racionalização de tarefas por postos. Se a fita transparente for curta, devido a um mau corte em operações anteriores, os operadores têm que recorrer à emenda de fita para reparar essa eventual falha.

No posto 5 (P5) é feita a validação com recurso a um PDA com que fazem a leitura do código de barras de cada um dos rolos de material sequencialmente, para assegurar que todos se encontram no devido local. O procedimento engloba a validação de cada rolo, um a um, tarefa que demora cerca de cinco minutos. O manuseamento do PDA envolve muitas seleções, incluindo a escolha de algumas funções por mais do que uma vez. Em algumas situações, devido a uma demora do operador, o sistema do PDA reinicia, pelo que, é necessário fazer operações de *login* no sistema que demoram também muito tempo.

No caso da preparação de fases de mesas para máquinas de inserção automática Panasonic o posto 4 e 5 encontram-se no mesmo local físico sendo reservadas três localizações para o posto 4 das mesas para equipamentos SIPLACE além de um posto 5 individualizado.

3.2.4 Transporte de mesas

As linhas têm de ser abastecidas com mesas em momentos que antecedem a mudança. O operador da linha está encarregado de ir buscar as mesas necessárias ao local onde as mesas estão armazenadas como se vê na Figura 16. Caso o operador não consiga fazer o transporte da mesa sozinho, contacta elementos da equipa de SMED, que o ajudarão a fazer o transporte. Habitualmente, esses elementos trabalham numa linha com a função de operadores mas, quando solicitados, ajudam nestas tarefas. Por vezes, esses operadores encontram-se ocupados e nessa eventualidade o operador da linha, que precisa de mesas para efetuar a mudança, contacta outros operadores para o ajudarem na tarefa de transporte das mesas. Preferencialmente, são contactados operadores de linhas que se encontrem paradas para não perturbar o trabalho dos operadores de outras linhas que estejam a produzir.



Figura 16 – Local onde as mesas, representadas a verde e a rosa, estão armazenadas

Após o transporte das mesas para a linha, estas ficam armazenadas junto às máquinas da linha, até serem necessárias. Em algumas linhas o espaço é limitado, o que dificulta a movimentação tanto das mesas que saem, como das que entram.

3.3 Análise do estado atual das atividades internas

As atividades internas influenciam diretamente o tempo de *changeover*, o que torna o seu estudo uma operação crítica. As atividades internas são subdivididas em dois grandes tipos, troca de *software* e troca de *hardware*. Apesar de estas duas atividades terem pontos em comum, são diferentes e têm que ser analisadas separadamente.

As atividades de *changeover* são realizadas pelos operadores ou pelos encarregados SMED, se solicitados para auxiliar nas tarefas. A solicitação do auxílio dos encarregados SMED é feita pelos operadores através de um clique num botão no computador, correspondente à linha onde se encontram. O acionamento desse botão envia um sinal para o telefone do encarregado, que recebe uma mensagem áudio, informando-lhe a linha onde a sua ajuda é necessária. Não estando definido em que circunstâncias os operadores devem ou não chamar o encarregado SMED, essa decisão fica ao seu critério, pelo que existem alguns operadores que solicitam a ajuda sempre e outros que raramente ou nunca o fazem. Isto conduz a que algumas operações de mudança demorem mais do que o previsto, porque a pessoa mais especializada nessa mudança não está presente. Além disso, como só existe um encarregado por turno este pode ser solicitado para intervir em dois locais simultaneamente o que se traduz em atrasos em algumas mudanças.

Todas as atividades de *changeover* são cronometradas pelos computadores. Estes tempos estão disponíveis em tempo real, o que possibilita que haja um maior controlo sobre os tempos de mudança.

Em certos casos, nas atividades de mudança ocorrem variados problemas que resultam em tempos maiores de mudança. Para esse efeito, existem alguns códigos que devem ser lançados, pelos operadores ou encarregado do SMED, para justificar a causa do aumento do tempo de mudança.

Embora existam dois tipos diferentes de máquinas de inserção automática, apenas a máquina e linhas Panasonic serão analisadas. Isto deve-se ao facto de as trocas nas máquinas e linhas SIPLACE serem bastante mais rápidas e simples.

No momento atual as atividades de mudança de ferramenta têm *standards* desenvolvidos, tanto para a mudança de *software* como de *hardware* nas diferentes máquinas, denominados internamente como *One Point Lesson* (OPL). Esses *standards* são desenvolvidos de acordo com protocolos de Instruções para Fabricação e Controlo (IFC) e são alvo de análise nas próximas secções deste documento.

3.3.1 Software

As trocas de *software* englobam a troca dos programas das máquinas assim como a troca da tela na EKRA. As trocas de programa são realizadas conforme os *standards* apresentados no Anexo D.

As tarefas de *quick changeover* de *software* são, na sua generalidade, simples. Envolvem a escolha de um programa nas máquinas ou, em alternativa, ajustes. Importa então focar a atenção nas tarefas mais complexas e que acrescentam mais tempo à mudança. Tais tarefas são a mudança de tela na EKRA e a mudança de programa nas máquinas de inserção automática. O *standard* atual refere também a utilização de dois operadores identificados como sendo o operador 1 e o operador 2.

É importante referir que no *standard* de *quick changeover* da linha não é conveniente referir que se deve efetuar a mudança de produção na EKRA segundo as IFC, já que estas não constituem um *standard*. Portanto, observa-se a não existência de um *standard* definido para a mudança da EKRA. Na situação atual, existe uma grande variabilidade no método do *changeover* da EKRA, tornando-se este um ponto fulcral de análise das atividades de *quick changeover* do processo produtivo.

O *changeover* da EKRA começa com uma placa de arranque da produção anterior a circular pela máquina e, de seguida, são removidas as raqueteles por desaparafusamento, usadas na produção anterior. Este sistema que aumenta o tempo de remoção das raqueteles assim como, o tempo de colocação de umas novas. Por esse motivo, algumas máquinas EKRA mais recentes já possuem um sistema de aperto e desaperto rápido. Procede-se, seguidamente, à remoção da pasta de solda que ficou em excesso, colocando-a num boião para refugo, caso haja mudança do tipo de pasta a utilizar na próxima produção ou colocando num boião para produção, se o tipo de pasta a utilizar na próxima produção for igual. Depois é removida a tela e colocada no respetivo suporte.

O passo seguinte é a verificação da necessidade de trocar as bases de apoio. Se a largura do PCB a produzir for inferior então, antes de fechar a porta para selecionar o programa da nova produção, retira-se uma ou mais bases consoante o necessário. Por sua vez, se a largura for igual ou maior não é necessário efetuar alterações. Após esse passo muda-se o programa que ajusta, automaticamente, a largura do transportador. Se a largura do transportador for maior poderá ser necessário acrescentar uma ou mais bases de apoio, sendo necessária a limpeza prévia da área.

Existem dois tipos de bases de apoio, as bases normais que apenas servem para fazer o primeiro lado de impressão e as bases *variogrid* que servem, essencialmente, para fazer o segundo lado de impressão, embora também possam ser usadas para o primeiro lado. As bases

variogrid moldam-se às placas através de pinos pneumáticos. É preciso, então, moldar as bases *variogrid* sendo este um procedimento simples em que se tem que correr uma placa de arranque molde pela máquina. Antes de moldar as barras de *variogrid* os operadores deveriam verificar se todos os pinos sobem, algo que geralmente não é feito e que pode originar defeitos no produto.

Depois da concretização de todos os passos anteriores, coloca-se nova placa de arranque na máquina e ajusta-se manualmente a tela, fazendo coincidir os orifícios da tela com os locais correspondentes da placa. O programa de produção contém também a informação da localização dos *fiducials* que são essencialmente os pontos de acerto da placa com a tela. A máquina vai detetar os *fiducials* da tela e da placa e verificar se coincidem. Caso não coincidam a máquina têm uma tolerância pela qual pode fazer o ajuste da tela. Por fim, colocam-se as raqueletes e a pasta, fazendo duas impressões em placas de arranque para poder ajustar os *offsets* que irão ser verificados na Koh Young e introduzidos na EKRA. Por vezes, o operador faz a inspeção da pasta a olho nu em vez de verificar as placas na máquina de inspeção de pasta, não tendo assim que proceder ao ajuste de *offsets* reduzindo o tempo do *changeover* mas podendo, em caso de haver problemas no processo de impressão de pasta e caso os *offsets* não tenham sido corrigidos, causar defeitos no produto. No Anexo E é apresentado, através de um fluxograma, o procedimento normal de *changeover* da máquina de impressão de pasta de solda.

Este é um procedimento complexo e que envolve o cumprimento de um número elevado de regras que não foram explicitadas na descrição. O número elevado de regras e especificidades é um motivo de grandes atrasos nas mudanças na EKRA e por isso deve ser revisto, já que também se constatou o não cumprimento pelos operadores de algumas dessas regras e especificidades em favor de uma redução do tempo de *changeover*. É também verificada a situação inversa em que os operadores não aproveitam a tolerância dada pelas regras, como por exemplo, na questão do ajuste dos *offsets*, sendo os operadores mais rigorosos que as regras. Além disso, devido a manutenção mal efetuada ou inexistente, verifica-se que, em alguns casos, os transportadores de placas têm as dimensões de largura não conformes causando assim potenciais atrasos no *changeover* quando a placa tem dimensões diferentes das do transportador. Isto obriga a que o operador efetue a alteração na máquina podendo isto causar problemas futuros. Constatou-se que, em alguns casos, havia problemas com as ligações pneumáticas ou barras de *variogrid*, e se, como muitas vezes acontece, estas não forem verificadas durante o *changeover* poderá causar defeitos no produto por ser essencial que a placa tenha um bom suporte para a impressão de pasta ser bem realizada.

Para um operador realizar o *changeover* da EKRA necessita de selecionar diversas opções no *software* da máquina muitas vezes, e por desconhecimento da função de cada opção, por vezes seleciona opções erradas ou desnecessárias. O monitor da EKRA (Figura 17) possui um número elevado de funções. Várias dessas funções não deveriam ser acessíveis ao operador, já que, não só dificultam o seu trabalho, como podem permitir alterações indevidas da máquina.

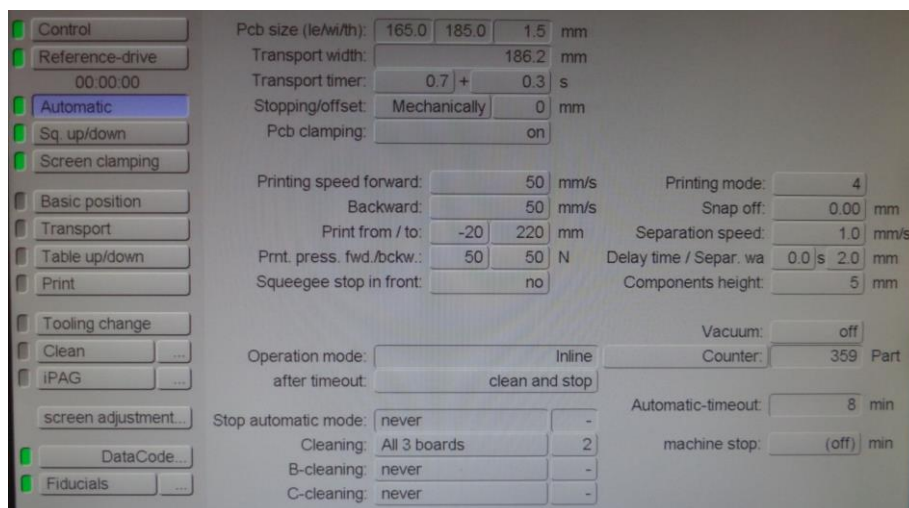


Figura 17 - Monitor da máquina de impressão de pasta de solda EKRA

Para observar e registrar com detalhe o procedimento de *changeover* da EKRA foram realizadas duas filmagens da situação atual e uma outra filmagem de confirmação de processo, em que o operador realizou a mudança tendo em conta os passos descritos nas IFC. Os tempos obtidos e as tarefas realizadas estão apresentados no Anexo F. Nas tabelas do Anexo F algumas tarefas estão escritas a cor vermelha, indicando que são externas, ou seja, que foram realizadas já com a máquina a trabalhar, não contando, portanto, para o tempo de *changeover*. Algumas atividades não têm nome associado devido à sua difícil identificação. No primeiro vídeo, ao contrário dos outros dois, não foi adicionada uma barra de *variogrid* o que se traduziu num registo de tempo menor, cinco minutos e quinze segundos. Para além disso, no primeiro vídeo foi registada uma avaria cujo tempo não contou para o tempo de *changeover*, já que o objetivo era apenas registrar os tempos das tarefas. No segundo vídeo o tempo obtido foi de sete minutos e vinte e sete segundos. Na filmagem de confirmação de processo o tempo total ultrapassou os trinta minutos, mas, desconsiderando avarias, o tempo de mudança seria aproximadamente dez minutos.

No Anexo D é referenciada uma OPL nºPIC28 que corresponde ao *quick changeover* de *software* nas máquinas Panasonic e está demonstrada na Figura 18.

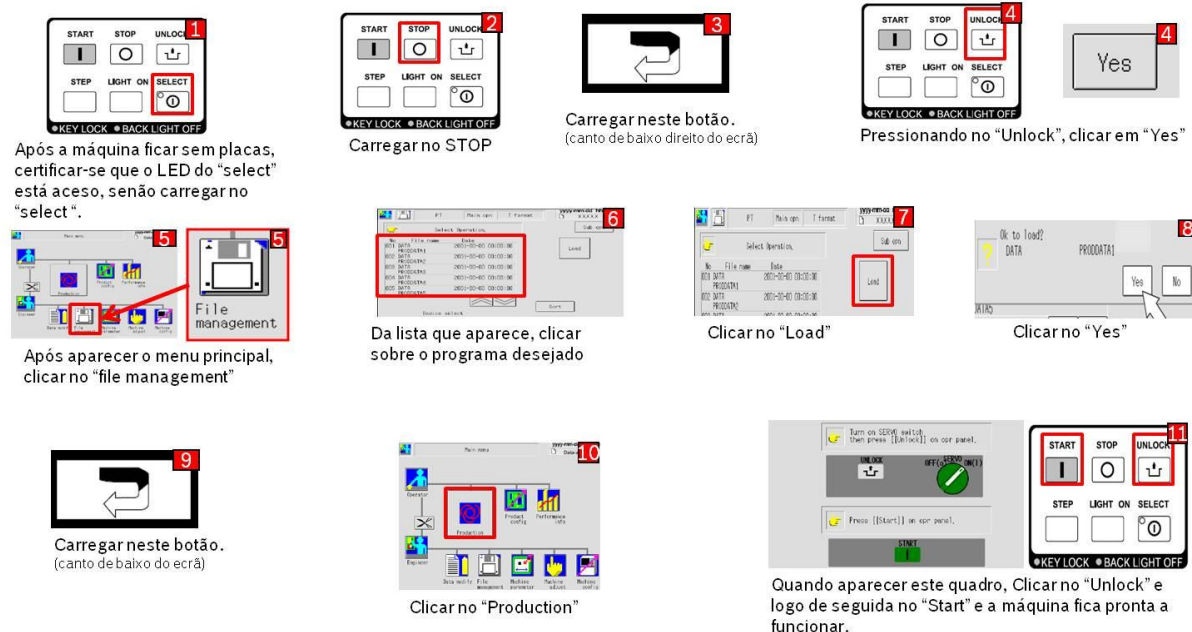


Figura 18 – OPL da troca de programas nas máquinas Panasonic (OPL nº PIC28)

As trocas de programas nas máquinas de inserção automática Panasonic são processos simples mas, apesar disso, envolvem muitos passos o que origina desperdício em tempo. Além da escolha do programa, à entrada da máquina existe um leitor de código de barras onde é lido o código de barras da placa e, se não for compatível com o programa, a máquina não permite a entrada da placa. Isto previne erros no processo de inserção automática e consequentemente defeitos no produto.

3.3.2 Hardware

Nas trocas de *hardware* é feita a troca das mesas além daquilo que consta da troca de *software*, como se vê no Anexo G.

Quando se efetua o *changeover* de *hardware*, o operador necessita de trocar os programas nas máquinas, efetuar as tarefas de mudança na máquina de impressão de pasta de solda e, ainda, trocar as mesas das máquinas de inserção automática. Para realizar esta tarefa o operador terá que ser auxiliado por outros operadores e pelo encarregado do SMED.

Na Bosch Car Multimedia as tarefas de *changeover* são realizadas sem necessidade de esvaziar e interromper a linha inteira. Em vez disso faz-se a substituição máquina a máquina em sequência, para que a linha não tenha que estar parada mais tempo do que o necessário. Exemplificando, o operador tem que fazer as tarefas de mudança da máquina de impressão de pasta de solda, sendo assim essa máquina tem de estar obrigatoriamente parada, mas as máquinas de inserção automática ainda não foram paradas e continuam a produzir o produto anterior. Depois de terminar o *changeover* da EKRA são então paradas e feitas as tarefas de mudança das máquinas de inserção automática.

No *standard* atual verifica-se que, tal como no caso das atividades de *changeover* de *software*, as atividades de *changeover* de *hardware* também envolvem mais do que um operador, neste caso são alocados quatro operadores.

Grande parte deste *standard* é similar ao *standard* de *software*, no entanto, além da troca de programas procede-se à troca de mesas nas máquinas de inserção automática.

Essa troca de mesas faz-se como na Figura 19 que demonstra a OPL nº PIC29 referenciada no Anexo G.

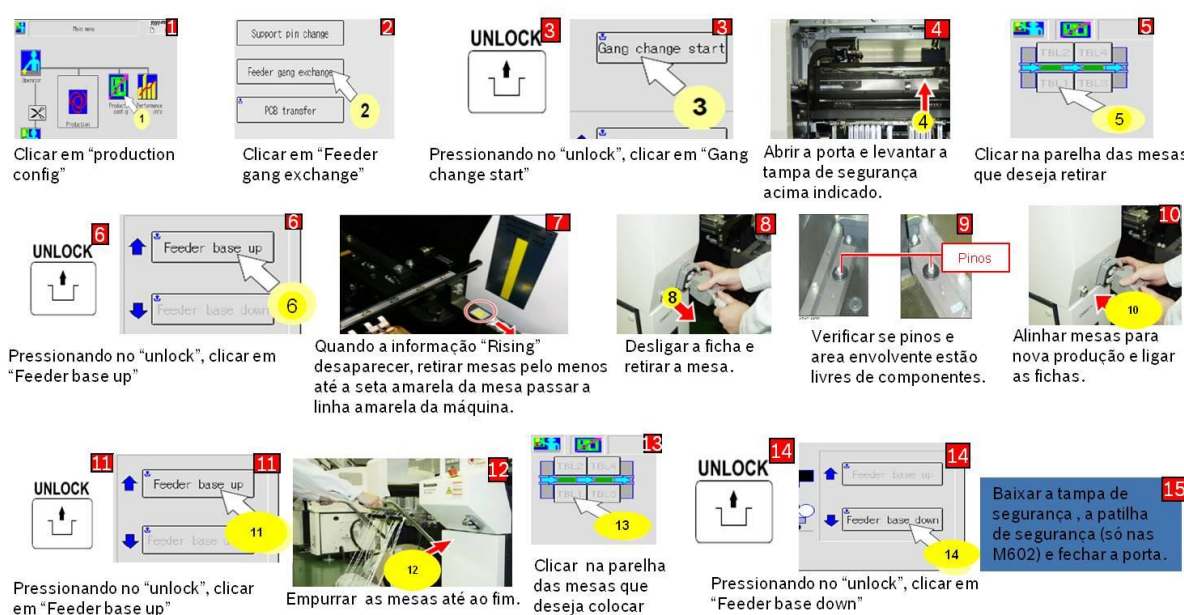


Figura 19 – OPL da troca de mesas nas máquinas Panasonic (OPL nº PIC29)

Geralmente, os problemas verificados durante a troca de mesas têm a ver com o facto de os *nozzles* não estarem na máquina ou não serem por esta reconhecidos. Estes problemas devem ser analisados e tratados não só pela frequência com que ocorrem mas também pelo aumento no tempo de *changeover* que originam. Noutros casos, o transportador interno da máquina tem a sua dimensão de largura mal definida no programa sendo necessário que o operador altere a largura do transportador fazendo as alterações manualmente no programa. Isto pode causar problemas na calibração da máquina potenciando a ocorrência deste problema.

No geral, as máquinas Panasonic possuem quatro mesas, mas devido a restrições do fabricante máquinas, apenas duas mesas de cada lado podem ser substituídas de cada vez.

Devido a grandes preocupações com a segurança, estas máquinas demoram consideravelmente mais tempo que as máquinas SIPLACE que, por não terem tantas restrições de segurança, são máquinas de *changeover* mais simples e rápido. Atualmente, o tempo médio de *changeover* das máquinas Panasonic é de sete minutos.

4 Propostas de melhoria

Após a observação da situação atual foram identificadas várias oportunidades de melhoria. Neste capítulo essas oportunidades e respectivas propostas de melhoria serão analisadas por forma a obter uma boa solução de aumento de eficiência e, consequentemente, de diminuição de tempos de *changeover*.

Tal como no capítulo anterior, este está dividido em propostas de melhoria para atividades externas e propostas de melhoria para atividades internas.

4.1 Propostas de melhoria para as atividades externas

A melhoria das atividades externas tem como objetivo o aumento de eficiência. As propostas de melhoria apresentadas na Tabela 1 promovem a diminuição do desperdício como, também, melhorar as condições de trabalho relativas a cada uma das tarefas que vão ser analisadas.

Tabela 1 – Tabela de apresentação de propostas de melhoria para as atividades externas

	Proposta de melhoria
Fluxo de informação	Eliminar confirmação de <i>stock</i>
	Eliminar introdução no sistema de quantidades produzidas
	Sistema informatizado de transmissão de informação
Distribuição de material auxiliar à linha	Sistema de apenas um <i>milk-run</i>
	Cartões de necessidades informatizados
Preparação de fases	Modificar medição de quantidade de fita a cortar
	Organização do armário dos <i>feeders</i>
	Reduzir quantidades de limpezas
	Organização do carrinho de braços de suporte
	Melhorar ergonomia do carrinho de material
	Realizar validação durante o processo de colocação de <i>feeders</i> e material
	Monitores em todos os postos da preparação de fases
Transporte de mesas	Sistema informático de identificação de linhas paradas
	Sistema de localização de mesas
	Manutenção

4.1.1 Fluxo de informação

Analisando o VSDiA (Anexo B) numa perspetiva de identificação desperdício e de apresentação de melhorias, importa focar em primeiro lugar nas atividades assinaladas a vermelho.

A primeira atividade a considerar é a de confirmação de *stock*. Esta atividade foi considerada um desperdício e portanto deve ser eliminada. Como o nome indica, a confirmação de *stock* consiste num procedimento de verificação do tipo de produtos produzidos e respetiva quantidade produzida. Para levar a cabo esta atividade o encarregado que define plano de

produção desloca-se ao supermercado intermédio para, manualmente, verificar o *stock* existente. Para eliminação desta atividade poderia ser implementado um sistema de monitorização constante dos produtos existentes e respetivas quantidades. Esta tarefa ocupa duas horas do tempo de trabalho dos planeadores e pode ainda introduzir erros na determinação das quantidades existentes o que influencia a criação do plano de produção e que vai levar a que, em casos extremos, não se consiga cumprir os prazos das encomendas.

A introdução no sistema das quantidades produzidas é a segunda atividade a vermelho, no VSDiA (Anexo B), a considerar. Esta atividade poderia ser eliminada se as máquinas transmitissem a informação de quantas placas processaram num dado período de tempo. Isto permitiria ainda um maior controlo sobre a produção além de eliminar uma tarefa desnecessária. Esta melhoria está associada ainda à receção, pelas máquinas, do plano de produção, indicando quantas placas necessitam produzir. Assim era possível que, calculando a diferença entre a produção esperada e a produção obtida, se obtivesse o valor de placas que ficaram por produzir. Indicando, imediatamente, ao planeador do plano de produção quantas placas extra é que necessitaria de incluir no próximo plano de produção.

É necessário ainda analisar de que forma é possível reduzir as atividades auxiliares identificadas a amarelo no VSDiA. Existindo um sistema informatizado de transmissão de informação, seria possível que os materiais que os operadores necessitam para as suas atividades fossem transportados para a linha sem que os operadores os requisitassem, sendo o pedido necessário, excecionalmente, se fossem detetadas na linha necessidades não contempladas no plano de produção. Este sistema é uma solução integrada em que as necessidades da linha para realizar a produção e as atividades de *changeover* estão contempladas no plano de produção. Este plano seria também enviado para o supermercado para assegurar o abastecimento às linhas de placas assim como telas, pasta de solda e outros materiais auxiliares. Este sistema também seria aplicado para a preparação de fases, porque, atualmente, são impressos os planos de produção de cada uma das linhas para verificação do plano aquando da montagem das mesas. Então, o supermercado enviaria para a preparação de fases o material necessário, organizados por mesas a montar, não sendo necessária a intervenção da preparação de fases nesta fase do fluxo de informação.

Mesmo considerando estas melhorias, o plano seria de igual forma enviado para a linha e para a preparação de fases, para assegurar que os operadores possuem algum controlo. Isto seria importante porque em caso de avaria ou outro tipo de atrasos na produção, o operador de linha pode intervir e informar o supermercado do atraso na sua linha para que este proceda às devidas alterações assegurando o abastecimento dos materiais à linha.

Na preparação de fases seria importante o acesso ao plano de produção porque necessitam do mesmo para a correta preparação e identificação da mesa. Seria, no entanto, importante que em todos os postos da preparação de fases existissem monitores que permitissem a consulta do plano de produção em cada um dos estágios de desmontagem e montagem de mesas.

4.1.2 Distribuição de material auxiliar à linha

Na situação atual existem dois *milk-runs*. Um desses *milk-runs* fornece as linhas de placas, e a preparação de fases de material de rolos de material. O outro *milk-run* fornece às linha telas e outros materiais auxiliares como pasta de solda ou materiais de limpeza. Este segundo *milk-run*, por vezes, faz voltas em que não recolhe cartões de necessidades ou transporta materiais para a linha.

Implementando um sistema com um só *milk-run* vai permitir reduzir o desperdício nas deslocações do *milk-run* das telas, nomeadamente, nas voltas em que este não recolhe cartões ou fornece material. Além disso, este sistema vai permitir que o encarregado do *milk-run* das

telas se possa dedicar à limpeza das telas e preparação do material para ser recolhido pelo único *milk-run*.

Seria ainda possível a implementação de um sistema de cartões de necessidades informatizados. O operador registaria num computador os materiais que necessitava e essa informação seria divulgada ao encarregado da limpeza das telas que prepararia o material necessário para essa linha e transportá-lo no próximo ciclo. Sendo implementada a solução de apenas um *milk-run* não teria sequer que transportar esse material. Além disso, esta informatização iria permitir um melhor controlo dos gastos, podendo assim reduzir custos de desperdício a este nível. Seria ainda possível antecipar, devido à existência do plano de produção, quando seria preciso material, para que linha seria preciso, e ainda, quanto material iria ser necessário para fornecer essa linha, reduzindo a necessidade de o operador ter que introduzir no sistema as necessidades da linha. Todo o material que saísse da área do encarregado pela limpeza das telas seria controlado mantendo assim o pressuposto de controlo dos gastos para redução de custos.

4.1.3 Preparação de fases

No posto 1 da preparação de fases, segundo o *standard* os operadores têm que cortar a fita cerca de dez centímetros. Na situação atual, o operador não tem como saber quanto é dez centímetros de fita, sendo por isso possível que os operadores cometam erros no comprimento do corte e consequentemente se constate a necessidade de utilização de emenda de fita em postos posteriores da preparação de fases. Os operadores, por experiência, não cometem o erro muitas vezes, desenvolvendo até práticas que permitem a correta identificação do comprimento de fita que devem cortar: esticam a fita até ao local onde, posteriormente, será presa avaliando assim o comprimento que devem cortar. Esta prática de medição poderia ser incluída no *standard* ao invés do que figura atualmente, em que refere a necessidade de cortar cerca de dez centímetros.

No posto 2, os operadores têm que retirar os *feeders* e proceder à sua colocação no armário. Este armário não se encontra organizado de modo a permitir a correta identificação de cada *feeder* e onde esse *feeder* deve ser colocado. A experiência dos operadores na identificação dos *feeders* previne gasto excessivo de tempo mas ainda assim esta prática merece atenção. Para isso deverá proceder-se à organização do armário, identificando claramente quais os locais a que cada tipo de *feeder* pertence, o que também possibilita que o *feeder* correto seja recolhido com mais brevidade. Além destas vantagens, o que esta organização permite é a verificação instantânea da ausência de *feeders* de um determinado tipo. Verifica-se, com alguma frequência, a necessidade de os operadores irem buscar *feeders* a mesas que estão no local de armazenamento de mesas (Figura 16). Deste modo, o operador perde algum tempo na preparação de fases. Mesmo que esta área não seja uma em que o tempo perdido é crucial, é um local em que, devido à configuração em linha, um atraso num posto irá atrasar todos os postos à frente e ainda bloquear as mesas do posto anterior de avançar. Implementando a solução anteriormente descrita, o operador ao constatar que faltam *feeders* de um determinado tipo, poderá previamente abastecer o armário desse tipo de *feeder*. Permitirá também verificar se há a necessidade de aquisição de mais *feeders* de um determinado tipo ou então de uma reorganização do plano de produção para evitar este tipo de falhas no que toca à disponibilidade de *feeders*.

Também no posto 2, existe no *standard* uma tarefa que requiere que os operadores aspirem e limpem a mesa em todas as preparações, que em muitos casos é uma limpeza desnecessária visto que a área a ser limpa não necessitará de limpeza. Reduzir estas limpezas e introduzir no *standard* a verificação da necessidade de limpeza permitirá eliminar desperdício de tempo e de produtos de limpeza assim como de energia.

Para apoiar os rolos de componentes é às vezes necessário utilizar braços de suporte. Esses braços de suporte devido ao desgaste têm a ligação à mesa danificada fazendo com que os operadores tenham que exercer força excessiva para os colocar provocando danos adicionais criando um ciclo que apenas termina quando o braço for totalmente inutilizável. Esta questão pode ser resolvida com manutenção mais efetiva tanto na ligação do braço com a mesa assim como o próprio braço, devendo-se recorrer à manutenção logo que o problema seja detetado. Além disso, o carrinho onde estes braços são armazenados não tem um suporte próprio pelo que os braços são depositados sem cuidado dentro do carrinho podendo isto causar mais danos aos braços. Organizar os braços dentro do carrinho, incluindo um suporte para proceder à sua correta colocação, poderá reduzir e até eliminar este problema.

No posto 3, os operadores têm que recolher os rolos de componentes de um carrinho de três andares, dobrando-se ou esticando-se para alcançar o nível inferior e superior, respetivamente, provocando nos operadores problemas ao nível das costas. A utilização de um carrinho extra de cada lado eliminaria o nível mais baixo do carrinho de rolos de material reduzindo o esforço dos operadores, melhorando assim a ergonomia da operação e consequentemente as condições de trabalho para estes operadores.

A validação das fases, atualmente, é realizada numa altura em que caso algum erro tenha sido cometido, existe obrigatoriedade em desfazer o trabalho já feito para ser novamente feito, mas desta vez de forma correta. Realizar a validação durante o processo de colocação de *feeders* e material iria, não só, possibilitar a eliminação de um posto, assim como, reduzir o desperdício devido a possíveis erros cometidos e respetivas correções. Além disso, a validação é uma atividade que não acrescenta valor ao processo, pelo que a sua eliminação será o cenário ideal.

Durante todo o processo de preparação de fases, o operador tem que consultar o plano de produção várias vezes para colocação de *feeders*, dos braços, e ainda dos rolos de componentes e ajuste do *pitch* dos *feeders*. Para tal, o operador necessita ainda de imprimir previamente o plano de produção no início do turno para o poder consultar e associar a cada mesa a preparar. Para reduzir este desperdício proceder-se-ia à instalação de monitores em cada um dos postos disponibilizando a informação necessária à preparação naquele posto específico.

4.1.4 Transporte de mesas

Atualmente, o transporte das mesas desde o local onde se encontram até à linha é tarefa do operador que solicita a ajuda a outros operadores, sempre que tal é necessário. Preferencialmente o operador pede ajuda a operadores da equipa SMED, contudo se estes estiverem ocupadas recorre a operadores duma linha que esteja parada.

Para ajudar o operador a identificar, de imediato, qual a linha parada poderia existir uma solução informática que identificasse as linhas que estão paradas o que ajudaria o operador a encontrar mais facilmente os operadores dessas linhas.

No local onde as mesas estão armazenadas não existe uma identificação visível dos locais onde as mesas se encontram o que dificulta o trabalho aos operadores de preparação de fases bem como aos das linhas. A implementação de um sistema de identificação permitiria a correta identificação do local onde cada mesa se encontra, quer antes quer depois, de estar preparada e pronta a entrar na linha. A solução proposta está representada na Figura 20.

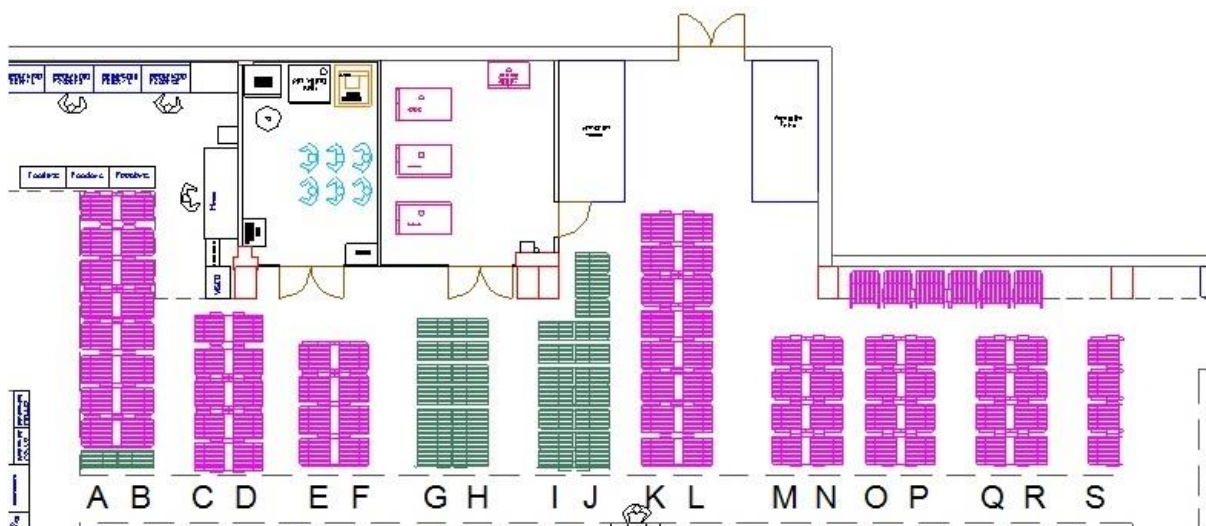


Figura 20 – Sistema de identificação do local das mesas

Quando uma mesa se encontra preparada e pronta a entrar numa linha o operador da preparação de fases deslocará a mesa para o local onde são armazenadas, indicando no sistema a sua localização o que significará uma poupança de tempo para operadores de linha quando estes se deslocam à área de armazenagem das mesas para transportarem as que estão identificadas no plano de produção. Está também previsto na solução proposta que quando uma mesa for retirada da linha e colocada na área de armazenagem o operador que realiza essa operação registará no sistema informático a sua localização. Deste modo, é possível saber em qualquer altura onde uma determinada mesa se encontra.

Implementando na mesa um sistema de *Radio Frequency Identification* (RFID), isto permitiria de forma automática determinar a localização exata de cada mesa e ainda informações adicionais respeitantes a essa mesa, como por exemplo o estado de validação das fases e qual o *setup* montado na mesa.

Também se constatou na situação inicial que o desnivelamento do piso interfere na estabilidade das mesas durante o seu transporte, com danos que comprometem a sua função principal que é a de manter os *feeders* no posicionamento adequado. Para corrigir este problema haverá que reparar o piso nas zonas em que se encontra estragado.

4.2 Propostas de melhoria para as atividades internas

As propostas de melhoria apresentadas para as atividades internas procuram reduzir o tempo em que as máquinas estão paradas. Como os dois pontos principais de perda de tempo durante o *changeover* são as máquinas EKRA e Panasonic, este subcapítulo está organizado de forma a analisar estas máquinas e processos, apresentando as melhorias propostas e os ganhos que advêm destas melhorias.

4.2.1 Máquina de impressão de pasta

O processo de impressão de pasta realizado pela máquina EKRA apresenta muitas oportunidades de melhoria. Numa fase inicial, foi considerado um grande número de propostas de melhoria, que estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de apresentação de propostas de melhoria para a máquina de impressão de pasta EKRA

Tarefa
Clicar num só botão para fazer várias instruções
Aperto fácil das raqueletes
Limpeza das raqueletes só no fim
Colocar as 2 raqueletes ao mesmo tempo com aperto fácil
Remover pasta de solda da tela só no fim
Eliminar programas velhos
Função search para procurar os programas
Load do programa feito por código de barras
Definir posição da tela consoante programa / placa / refazer telas (centrar)
Melhor ligação pneumática do variogrid
Moldação de variogrid feito por software
Colocar pasta na tela antes do <i>changeover</i>
Monitor da Koh Young mais próximo da EKRA
Koh Young corrigir automaticamente <i>offset</i> na EKRA

Utilizando as filmagens realizadas foi possível obter os tempos que cada uma das tarefas necessita para ser realizada. Isto possibilita determinar os ganhos com as melhorias propostas. Visto que algumas melhorias implicam mais custos que outras, saber de que maneira se ganha com essa melhoria vai permitir saber se, apesar dos custos, compensa avançar com a implementação.

Observando um *changeover* na máquina de impressão de pasta verificam-se vários desperdícios. Um desses desperdícios diz respeito à necessidade do operador selecionar cinco opções no computador da máquina para proceder ao início da mudança. Com um simples ajuste no *software* seria possível agrupar essas cinco opções numa só fazendo com que o operador carregasse apenas numa opção diminuindo o tempo gasto nesta tarefa em cerca de quatro segundos. Analogamente, quando tem que correr placas de arranque ou terminar o processo de *changeover*, o operador tem que recorrer a várias opções na máquina que podem ser todas agrupadas, e permitir a redução de tempo de cerca de quatro segundos de cada vez que tem que fazer uma dessas tarefas. Esta medida possibilita ainda a redução de erros e consequente perda de tempo, já que não permite a seleção de opções desnecessárias ou até erradas. Possibilita ainda tornar o processo de seleção de opções mais claro já que quando o operador pretender fazer um *changeover* apenas tem que selecionar a opção “começar *changeover*” em vez das cinco opções que atualmente seleciona.

Num dos passos seguintes, o operador necessita de retirar as raqueletes. Este processo, devido à necessidade de desenroscar parafusos, é um processo que demora demasiado tempo, entre dez e quinze segundos por raquetele, além disso, está dependente de cada operador. Um operador apertará os parafusos com mais força e outro com menos força. Substituindo esta forma de desapertar as raqueletes por um método de aperto fácil, similar àquele utilizado para apertar as rodas de uma bicicleta, como pode ser visto na Figura 21, será possível a redução do tempo no aperto e no desaperto e garantir um aperto com menor variabilidade entre operadores. Além disso é necessário retirar a pasta de solda que está nas raqueletes. Na situação atual o operador por vezes retira a pasta de solda quando retira as raqueletes da máquina, em vez de o fazer no final do *changeover*. Se o fizer no final do *changeover* observar-se-ão ganhos de tempo na ordem dos quinze segundos.



Figura 21 – Aperto fácil das raqueletes

O processo de retirar e colocar raqueletes envolve a remoção e a colocação de duas raqueletes. De modo a perder menos tempo nesta operação poder-se-ia utilizar um bloco onde as duas raqueletes estariam colocadas sendo apenas necessário colocar esse bloco no local correto em vez de ter que colocar e apertar duas raqueletes. Tendo em conta que o tempo de retirar as raqueletes demora em média vinte segundos, esta melhoria permitiria ganhar cerca de dez segundos. Este ganho verificar-se-ia também na tarefa de colocação das raqueletes na máquina já que os tempos atuais das duas tarefas rondam os mesmos vinte segundos em média.

Atualmente, o operador retira a pasta de solda da produção anterior da tela e coloca-a num boião. Esta tarefa é feita com a máquina parada. Esta tarefa poderia ser convertida de interna para externa, colocando-se a tela num suporte horizontal intermédio onde o operador no final do *changeover* iria proceder à remoção da pasta de solda da tela, como se pode observar na Figura 22. A razão pela qual o suporte deverá ser horizontal é para impedir que a pasta se espalhe ou caia pelos orifícios da tela. Este suporte horizontal poderia ser obtido através da rotação das calhas, onde a tela que vai ser devolvida para ser limpa é colocada. Essas calhas seguram a tela numa posição vertical, mas se fossem colocadas num eixo que possibilitasse a sua rotação a tela que sai da máquina poderia ser colocada horizontalmente, enquanto o operador termina as operações de *changeover*. Posteriormente ao *changeover*, o operador iria então retirar a pasta de solda da tela colocando-a no recipiente apropriado e procedia à rotação das calhas para a sua posição original, onde a tela ficaria até que o *milk-run* das telas a viesse recolher. Esta melhoria permitiria ganhar cerca de vinte segundos.

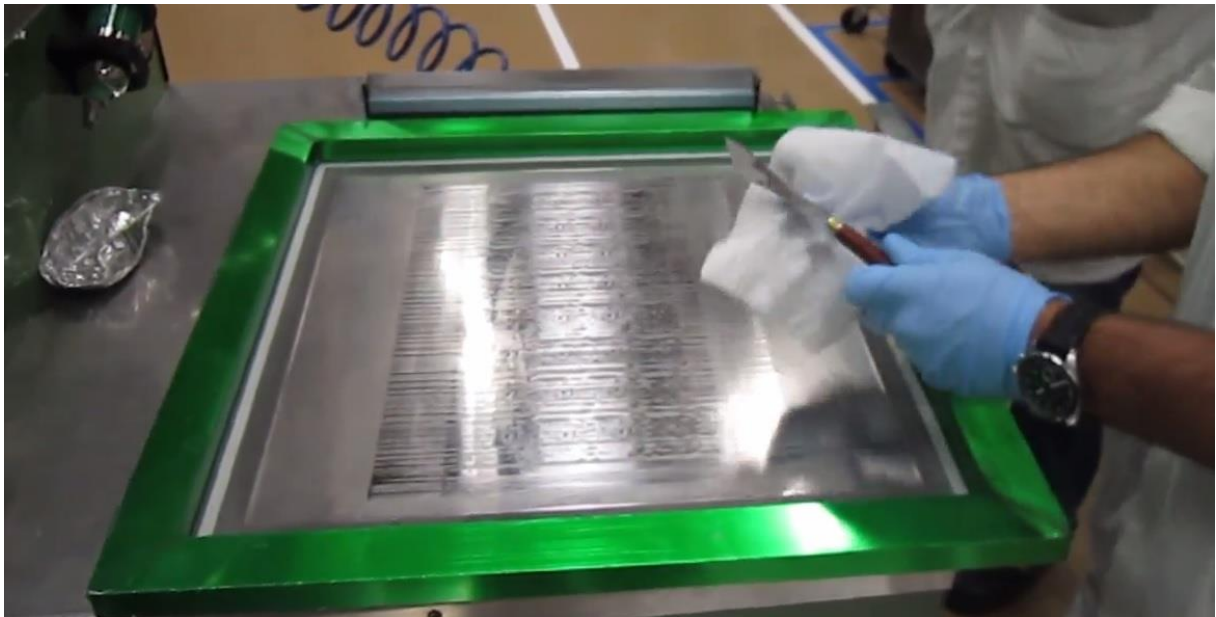


Figura 22 – Suporte intermédio para colocação da tela para limpeza

A seleção do programa da nova produção é feita através da escolha numa grande lista de programas, muitos deles desatualizados e todos eles com nomes similares o que dificulta esta tarefa. Este problema tem vários tipos de solução. As soluções podem ser mais simples e com menores custos e impacto, ou mais complexas e com maior impacto. Começando pela mais simples e pela aplicação da metodologia 5'S, poderiam ser eliminados os programas obsoletos para a linha em questão, reduzindo assim o número de programas disponíveis facilitando a operação. Se fosse incluído no *software* da máquina uma função de procura, seria possível ao operador apenas digitar o número do programa e facilmente poderia escolher o programa correto, esta solução tem custos mais elevados devido à manipulação do *software* da máquina que, em muitos casos, necessita de um especialista para ser trabalhado. A solução que traria mais benefício seria a deteção, pelo código de barras da placa, do programa que seria imediatamente assumido pela máquina como o necessário para aquela placa. Atualmente, já existe um leitor de códigos de barras à entrada da máquina que impede que, caso o programa da máquina seja incompatível com o código de barras da placa, a placa entre na máquina, evitando assim defeitos. Utilizando esta tecnologia já existente e transformando-a para possibilitar a leitura do programa por código de barras poder-se-iam ter ganhos no tempo do *changeover* na ordem dos dez segundos.

Uma outra oportunidade de melhoria prende-se com o ajuste da tela aos orifícios da placa. Atualmente um operador, entre colocar a tela e proceder ao seu ajuste, perde em média quarenta segundos. Se as telas forem centradas em relação à posição da placa na máquina, que é constante, é possível eliminar a tarefa de ajuste da tela poupando-se assim cerca de vinte e cinco a trinta segundos. Se for colocado um batente na máquina, a tarefa de colocação da tela na máquina ficaria reduzida ao operador recolher a tela e fazê-la deslizar para dentro da máquina e dentro das calhas. Esta melhoria pressupõe a substituição de todas as telas existentes por telas novas, o que considerando o número avultado de mais de oitocentas telas representaria um elevado investimento. A melhor prática seria então desenvolver as novas telas de maneira a que estas estejam centradas, procedendo-se à substituição das telas ao longo do tempo e não de uma forma abrupta. Essa centragem é possível visto que uma das calhas do transportador é fixa e dado que a placa irá sempre posicionar-se dentro da máquina no mesmo local, havendo assim um ponto fixo e constante para cada placa. Utilizando esta informação, as telas poderão ser desenvolvidas tendo em conta este ponto fixo desenhando a tela e os orifícios por onde a pasta tem que passar com referência a esse ponto. Isto vai permitir que a tela se encontre na máquina sempre na mesma posição, podendo-se adicionar

um batente mecânico que permita que a operação de ajuste da tela seja completamente eliminada. No imediato será possível colocar sinalizações visuais nas calhas, onde as telas se encaixam dentro da máquina, como forma de referência para o local onde a tela se encontra centrada. Estas sinalizações seriam específicas para cada largura da placa, já que é a largura da placa que causa maiores desvios na posição da tela.

Na situação atual, quando é necessária a utilização de barras de *variogrid* essa utilização pode requerer a adição de uma barra extra. Esta barra tem de ser ligada pneumaticamente a um bloco onde as barras, que já estão na máquina, também estão ligadas. Os cabos têm de passar através de um pequeno orifício que ajuda a proteger os cabos. As dimensões reduzidas deste orifício dificultam ao operador a passagem dos cabos, portanto, alargando o orifício traria vantagens. Ainda no tópico das ligações pneumáticas do *variogrid*, o bloco encontra-se virado com as ligações para dentro da máquina o que dificulta a ligação dos cabos. Se o bloco estivesse com as ligações viradas para a parte da fora da máquina e para o operador, seria mais simples para o operador fazer as ligações. Além disso, as ligações são difíceis de fazer, demorando aos operadores em média trinta segundos para realizar uma tarefa que deveria ser simples. Em termos de soluções para este problema, poder-se-ia desenvolver uma solução de ligação mais simples. Além disso, se a barra extra fosse mantida dentro da máquina mesmo quando não está em uso mantendo as ligações pneumáticas ligadas iria reduzir o tempo de colocação da barra praticamente a zero. Para se atingir esta solução seria necessário eliminar o orifício por onde os cabos têm que passar para permitir o livre movimento da barra dentro da máquina sem ter que desfazer as ligações. O orifício poderia então ser substituído por uma pequena barreira móvel rotativa, que manteria os cabos no local desejado quando fosse necessário. Possibilitaria, ainda, movimentar a barra sem desfazer as ligações simplesmente deslocando a barreira para baixo para permitir o movimento dos cabos. Em alternativa poderia ser utilizada uma braçadeira plástica que segurasse os cabos no local pretendido.

O operador precisa ainda de fazer a moldação do *variogrid* num bloco de comandos externo à máquina. Passando esse bloco de comandos para o *software* da EKRA, seria possível agrupar todas as opções que o operador tem que selecionar numa só, similarmente ao que foi explicado inicialmente.

Em relação à colocação da pasta de solda na tela, atualmente um operador perde cerca de vinte e cinco segundos a colocar a pasta de solda na tela e, sendo esta uma atividade interna, quer isto dizer que são vinte e cinco segundos de produção que são perdidos a cada *changeover*. Simplesmente colocando a pasta de solda na tela antes da produção iria reduzir a zero o tempo de colocação de pasta de solda. Esta solução, que transforma uma atividade interna em externa, pressupõe a utilização de um suporte horizontal em tudo similar ao descrito aquando da explicação da solução para retirar a pasta de solda da tela.

Para realizar o *changeover* convenientemente, o operador necessita de correr algumas placas de arranque para se formar um rolo de pasta que melhora a qualidade da impressão, assim como para verificar erros na impressão de pasta. Quando se imprimem placas para verificação de erros ou *offsets* essas placas vão ter que passar pela máquina de inspeção de pasta de solda, a Koh Young. Esta máquina é responsável pela deteção de todos os erros presentes na impressão de pasta e, caso sejam ultrapassados certos limites pré definidos, o operador tem que introduzir esses *offsets* na EKRA de forma a fazer a correção dos erros. Como as máquinas se encontram distantes uma da outra o operador tem que fazer deslocações do monitor da Koh Young para a EKRA e vice-versa. Além disso, o operador pode ter que ajustar até oito campos de *offset* que, associados à distância entre as máquinas, faz com que o operador perca muito tempo em deslocações. A distância entre as máquinas não permite ao operador visualizar os dois locais ao mesmo tempo, tendo que memorizar os *offsets* de uma máquina para outra dando lugar a erros na introdução desses *offsets* na EKRA. Para solucionar este problema pode-se deslocar o monitor e uma forma de entrada de dados da máquina Koh Young para perto da máquina EKRA, permitindo ao operador verificar os

offsets na máquina de inspeção de pasta ao mesmo tempo que os introduz na máquina de impressão de pasta, reduzindo os tempos e erros. Para melhorar ainda mais este procedimento de correção de *offsets* a melhor solução será a comunicação entre as duas máquinas. Existindo um *offset* detetado pela máquina de inspeção de pasta, esta transmitiria imediatamente a informação à máquina de impressão de pasta para corrigir o *offset* que seria imediatamente corrigido, eliminando-se totalmente a necessidade de o operador alterar os *offsets*.

Considerando estas propostas de melhoria e, com base nas filmagens efetuadas, foi possível obter um novo *standard* como se pode verificar na Tabela 3. Este novo *standard* permite reduzir o tempo para os quatro minutos e dezassete segundos. Este *standard* permite ainda cumprir as regras que atualmente não se encontram a ser cumpridas. Apresenta, ainda, a situação que requer mais tarefas, ou seja, a situação de aumento de largura do transportador e consequente acréscimo de uma barra de *variogrid*.

Tabela 3 – Novo *standard* com tempo total previsto de quatro minutos e dezassete segundos

Novo standard - Tempo total 4 minutos e 17 segundos			
Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	
1 Selecionar "stop production"	14	14	00:14,0
2 Coloca placa de arranque na entrada da máquina do aparelho que acabou	5	19	00:19,0
3 Selecionar opção "remove squeegee and screen"	16	35	00:35,0
4 Abrir porta frontal	2	37	00:37,0
5 Retirar raqueletes	15	52	00:52,0
6 Retirar tela e coloca no suporte intermédio	9	61	01:01,0
7 Fechar porta frontal	2	63	01:03,0
8 Selecionar opção "basic position"	3	66	01:06,0
9 Retira placa de arranque do produto anterior	5	71	01:11,0
10 Coloca placa de arranque de vario grid na entrada da máquina (máquina lê código de barras e carrega programa)	5	76	01:16,0
11 Selecionar opção "transport"	15	91	01:31,0
12 Abrir porta frontal	2	93	01:33,0
13 Colocar barra de variogrid	5	98	01:38,0
14 Fazer ligações pneumáticas	20	118	01:58,0
15 Colocar tela (com pasta pré aplicada) na máquina até ao batente	9	127	02:07,0
16 Colocar raqueletes na máquina	27	154	02:34,0
17 Fechar porta frontal	2	156	02:36,0
18 Selecionar opção "mold variogrid"	6	162	02:42,0
19 Retira placa de arranque variogrid	5	167	02:47,0
20 Coloca placa de arranque do novo produto (para fazer rolo) + 2 placas de arranque	5	172	02:52,0
21 Selecionar opção "start production"	5	177	02:57,0
22 Imprimir 2 placas de arranque para verificar offsets	60	237	03:57,0
23 Selecionar opção "stop production"	5	242	04:02,0
24 Retirar placas de arranque à saída da koh young	10	252	04:12,0
25 Selecionar opção "start production"	5	257	04:17,0

Numa perspetiva de informar os responsáveis pelo processo e demais intervenientes foi realizado um *workshop*. Este *workshop* contou com a participação de dois operadores, um encarregado pelo SMED, duas pessoas da secção de projetos ligada a SMED, o responsável pelos operadores, o especialista da máquina de impressão de pasta, o responsável pelo processo de impressão de pasta e ainda duas pessoas do departamento de Engenharia.

O *workshop* foi planeado e realizado por forma a seguir o esquema apresentado na Figura 23.

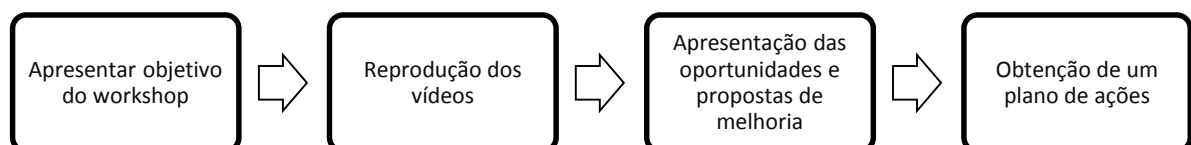


Figura 23 – Planeamento das atividades do *workshop*

Na primeira atividade foram apresentados os objetivos do *workshop*, recorrendo a um *flip chart*. Esses objetivos estão demonstrados na lista abaixo.

1. Verificar oportunidades de melhoria para redução dos tempos de *changeover*;
2. Aprovação de propostas de melhoria;

3. Priorizar propostas;
4. Obter plano de ações.

Além da apresentação destes objetivos foi ainda feita uma breve introdução ao método SMED, referente aos passos que necessitam de ser adotados quando se segue uma abordagem SMED.

Para melhor enquadramento dos intervenientes no *workshop*, fez-se uma pequena descrição de todos os passos que iriam ser seguidos, isto permitiu que os intervenientes se mantivessem focados nos objetivos já que tinham conhecimento dos aspetos que iriam ser abordados.

No passo seguinte foram reproduzidos os vídeos resultantes das filmagens realizadas e descritas no capítulo anterior. Apesar de grande parte dos participantes estar perfeitamente familiarizado com o procedimento de *changeover* da máquina de impressão de pasta, outros não estariam tanto por dentro deste procedimento, pelo que os vídeos ajudam a que todos os intervenientes estejam cientes do problema a ser tratado. O vídeo de confirmação de processo permite que se estabeleça o paralelismo entre a situação atual e a situação que, segundo as IFC, deveria ser realizada. Além disto, os vídeos permitem ainda que caso surja algum tipo de dúvida em relação ao procedimento esta seja esclarecida. Estes vídeos elucidam também os participantes de que, atualmente, a situação não é ideal e que deve ser melhorada.

Seguidamente, e recorrendo a uma metodologia Metaplan, são apresentadas e discutidas as propostas de melhoria identificadas e expostas previamente. São também recolhidas sugestões dos participantes.

Este Metaplan pressupõe a utilização de quadros onde são afixadas as oportunidades e propostas de melhoria assim como as sugestões e segue a orientação exposta na Figura 24.

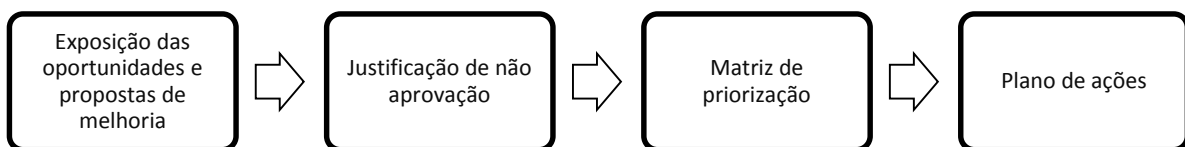


Figura 24 – Esquema dos quadros do Metaplan

Os quadros onde são apresentadas e recolhidas oportunidades e propostas de melhoria estão presentes na Figura 25. Estes quadros, posteriormente, são ainda preenchidos com as oportunidades e propostas de melhoria verificadas pelos intervenientes no *workshop* para serem também discutidas.

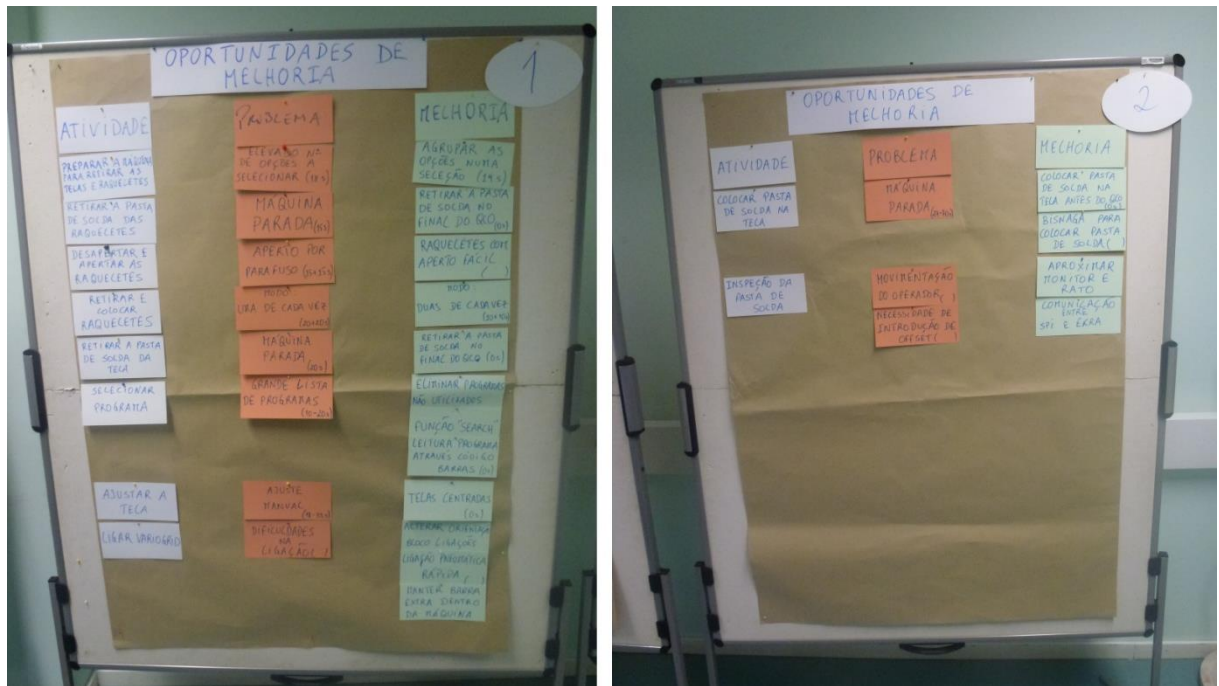


Figura 25 – Quadros com oportunidades e propostas de melhoria

Para adicionar aos quadros representados na Figura 25 foram apresentadas pelos participantes as propostas de melhoria inscritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Sugestões propostas pelos participantes do *workshop*

Atividade	Problema	Melhoria
Ligar variogrid	Pode estar avariado Setup do variogrid é manual	Testar antes de colocar na máquina
		Setup automático do variogrid por produto
		Utilização de suportes dedicados
Misturar a pasta	Pasta misturada manualmente	Máquina para fazer mistura da pasta
Colocar placa de arranque	Limpeza da placa	Outro colaborador para limpar a placa
Ajuste de pressão do clamp automático da espessura do PCB	Arqueamento do PCB, provoca má impressão	Máquina com upgrade
Ajuste automático da altura do clamp dependente da espessura do PCB	Mau ajuste provoca má impressão	Máquina com upgrade
Barras laterais do variogrid mal ajustadas	Má impressão de pasta	Máquina com upgrade
		Transport disc
	Excesso de placas de arranque	Manutenção e corrigir folgas e outros problemas
		Ajuste automático de offset ou aumento de número de placas de arranque
Ajuste da tela	Braços clamping com folga em excesso	Braços clamping com menos folga
Colocação da placa de arranque	Falha no transporte após seleção de programa	Alteração na EKRA
Utilização de placa de arranque	Impressão muito demorada e sem valor acrescentado	Offsets corretos e bloqueados

Caso uma proposta levante algum tipo de objeção por parte dos participantes, recorrendo a um *post-it*, era colocado um *flash kaizen* indicando que havia uma objeção e qual o nome da pessoa que levantou essa objeção sem momentaneamente permitir a discussão. Este é um procedimento importante, já que permite um melhor fluxo do *workshop* e vai, posteriormente, identificar quais as pessoas que necessitarão de discutir uma determinada proposta.

Na Figura 26 está demonstrado o quadro de “Oportunidades de melhoria” assim como o quadro de “Justificação de não aprovação” em que não só se pretende verificar qual a razão de não aprovação como obter uma nova proposta de melhoria para o problema referenciado.

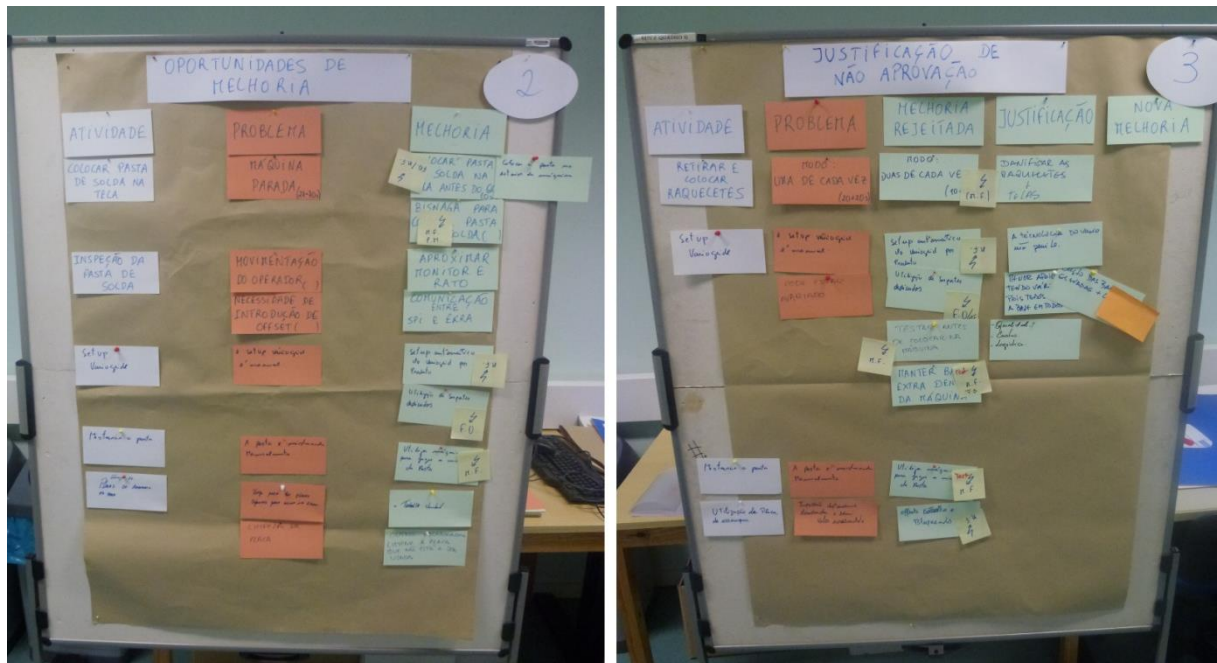


Figura 26 – Quadro com *flash kaizen* (lado esquerdo) e quadro para justificação de *flash kaizen* (lado direito)

A partir deste momento, as melhorias que não recolheram objeções são colocadas numa matriz de priorização, para serem colocadas num quadro de plano de ações. Depois de proceder à colocação no plano de ações das propostas de melhoria aprovadas, foram justificadas as propostas de melhoria não aprovadas. As justificações dadas e o estado em que ficou a proposta de melhoria encontram-se demonstrados na Tabela 5, sendo que o estado de “Rejeitada” indica que a justificação foi aceite e a proposta foi rejeitada, e no caso de o estado ser “Por testar” significa que a melhoria tem que ser testada e discutida, posteriormente, para poder ser possível verificar se a proposta de melhoria é válida ou não.

Tabela 5 – Quadro de justificação de propostas de melhoria com *flash kaizen*

Atividade	Problema	Melhoria Rejeitada	Justificação	Nova melhoria	Estado
Retirar e colocar raqueletes	Modo: uma de cada vez	Modo: duas de cada vez	Danifica raqueletes e telas		Rejeitada
Setup variogrid	Setup do variogrid manual Pode estar avariado	Setup automático do variogrid por produto	Tecnologia do variogrid não o permite		Rejeitada
		Utilização de suportes dedicados	Menor apoio da placa		Por testar
			Custos dos suportes e logística		Por testar
		Testar antes de colocar na máquina	Qualidade Custos Logística		Por testar
		Manter barra extra dentro da máquina			Por testar
Misturar pasta	Pasta é misturada manualmente	Utilizar máquina para misturar a pasta			Por testar
Utilização de placa de arranque	Impressão muito demorada e sem valor acrescentado	Offsets corretos e bloqueados			Por testar

As propostas de melhoria são, então, colocadas numa matriz de priorização e colocada num plano de ações, como se pode verificar na Figura 27.

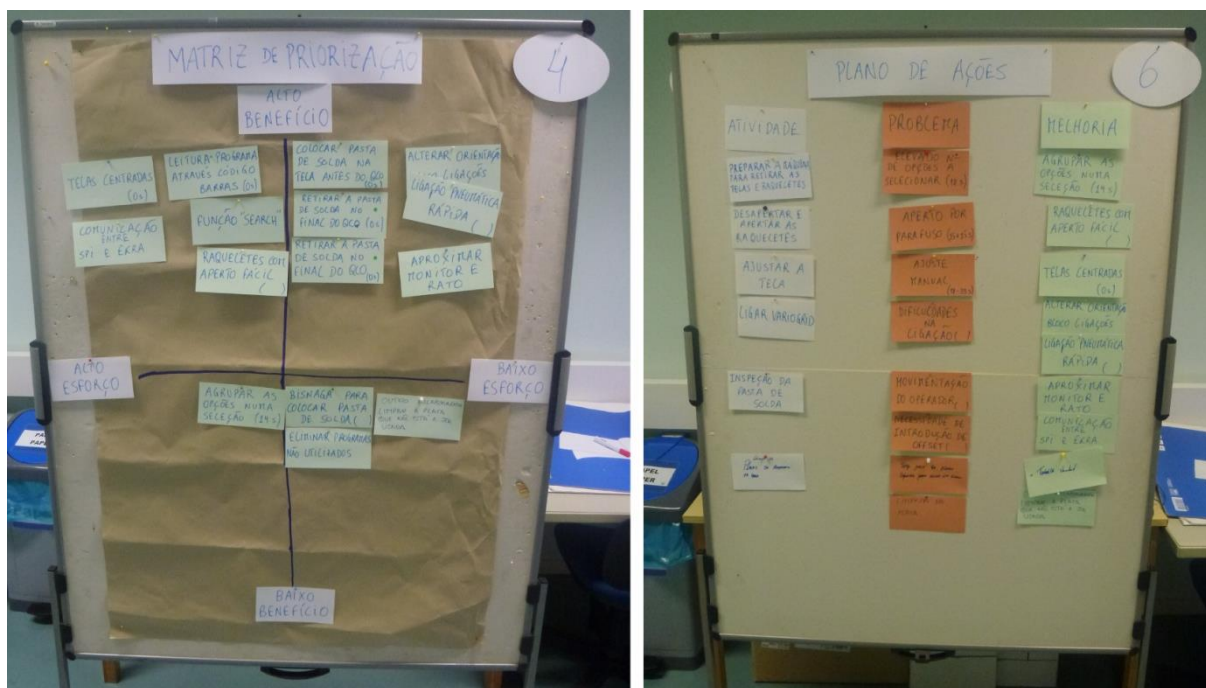


Figura 27 – Quadro com matriz de priorização (lado esquerdo) e quadro de plano de ações (lado direito)

A matriz de priorização está dividida por eixos. O eixo horizontal representa o esforço ou custos que uma determinada proposta de melhoria representa. Segundo este critério, do lado esquerdo estão as propostas de melhoria que obrigam a maior esforço e do lado direito as propostas de melhoria que representam menor esforço. O eixo vertical demonstra o benefício que cada proposta oferece. Na parte de cima encontram-se as propostas com mais alto benefício e na parte de baixo as propostas com menor benefício. Esta organização permite a divisão da matriz em quadrantes, sendo que o primeiro quadrante (lado direito e parte de cima) representa as melhorias que devem ser abordadas primeiro. Devido à dificuldade de quantificação de ganhos e custos com as propostas de melhoria, o plano de ações não apresenta a ordenação das propostas de melhoria por prioridades, apesar de que as propostas de melhoria quantificadas aparecem em primeiro lugar nesse plano de ações.

No final do *workshop* foram recolhidas todas as propostas que permaneceram no quadro “Justificação de não aprovação” e realizaram-se reuniões por forma a poder determinar se essas propostas transitam, também, para o plano de ações.

Para fazer o seguimento das atividades iniciadas com o *wokshop* foram realizadas reuniões semanais e diárias. Estas reuniões têm como objetivo definir as tarefas necessárias para o cumprimento do plano de ações.

Para permitir fazer o correto e rigoroso acompanhamento destas reuniões foi desenvolvido o quadro presente no Anexo H. As reuniões semanais e diárias seguem o procedimento demonstrado pelo fluxograma no Anexo I. Nas reuniões semanais, realizadas às sextas-feiras, eram definidas as atividades para a semana seguinte, havendo a preocupação de definir no mínimo uma atividade por envolvido. Caso uma atividade tivesse o seu término definido para a semana seguinte seria colocado no quadro um *post-it* no dia correspondente, caso não fosse para a semana seguinte seria colocado o *post-it* no campo “Semana n+1”. Diariamente foram efetuadas reuniões com os intervenientes que tinham uma atividade a terminar nesse dia, sendo facultativa a presença dos restantes elementos. Nessas reuniões diárias era feita a avaliação sobre se as atividades com término nesse dia teriam sido concluídas. Se as atividades tivessem sido concluídas eram colocadas no campo “Fechado”. Se não tivessem sido concluídas eram colocadas no campo “Não cumprido” e era preenchido um novo *post-it* com a mesma atividade e nova data. Se o término de uma atividade requer uma nova

atividade, esta seria escrita num novo *post-it* e colocada no dia correspondente ou no campo “Semana n+1”.

O quadro de atividades para a primeira semana encontra-se demonstrado no Anexo J. Este quadro contém as atividades demonstradas na Tabela 6. Também está representado na tabela o resultado de cada atividade.

Tabela 6 – Tabela de atividades da primeira semana

	Atividade	Resultado
1	Verificar quantas placas de arranque são necessárias	No mínimo 3, podendo ser mais dependendo se tem que alterar os offset ou não
2	Instrução sobre alteração de offset em outra fábrica Bosch	Fábrica não realiza alteração de offset com frequência
3	Documentação para fazer seguimento do desvio de offset	Anexo L
4	Verificar se é possível manter barra "extra" dentro da EKRA	Não é possível
5	Análise orientação do bloco de ligações	Previamente foi realizado o estudo, e a orientação preferível é a atual, fica em aberto a possibilidade de novo estudo
6	Reunião para avaliar possibilidade de alteração de monitor	Não existem restrições para fazer a alteração
7	Entrega de estudo sobre pasta de solda aplicada por bisnaga	Existe a possibilidade de aplicar a pasta de solda por bisnaga
8	Auditoria a MOE18 sobre manutenção	Manutenção está a ser realizada convenientemente

Nesta primeira semana foi possível fechar alguns pontos. Atualmente, não existem restrições para o acréscimo de um monitor para reduzir as deslocações do operador quando necessita de realizar alterações de *offsets*. Existe ainda a possibilidade de fazer o abastecimento de pasta de solda automaticamente, o que iria reduzir as necessidades de aplicação de pasta na tela durante o *changeover*. No Anexo L verificam-se as folhas para registo de *offsets* realizados.

Das atividades realizadas na primeira semana de reuniões é importante notar que algumas terão uma atividade de seguimento presente na segunda semana de reuniões. O quadro de atividades da segunda semana está presente no Anexo M. A Tabela 7 apresenta as atividades dessa semana no mesmo formato utilizado para a primeira semana.

Tabela 7 – Tabela de atividades da segunda semana

	Atividade	Resultado
1	Realizar teste de não correr placas de arranque	Teste realizado
2	Verificar possibilidade de alterar localização de armazenamento das barras de variogrid	Não é possível
3	Análise estatística dos dados e alteração de offsets	Amostra insuficiente, necessidade de retirar mais dados
4	Dispensação de pasta automática. Estudar possibilidade de colocar em todas as linhas, ganhos e custos	É possível colocar em todas as linhas, ganhos e custos variáveis

Durante a segunda semana de atividades foi testada a não utilização de placas de arranque para verificação de *offsets*, ficando numa primeira análise demonstrado que não é essencial a utilização dessas placas de arranque, já que não se verificaram valores de *offset* fora de especificação. Essa evidência permite reduzir o tempo do *standard* proposto de quatro minutos e dezassete segundos em um minuto, passando para os três minutos e dezassete segundos. É, no entanto, necessário o estudo mais aprofundado das influências desta não

utilização. A dispensação automática de pasta é possível de implementar em algumas linhas e máquinas, ficando dependente do estudo dos custos e benefícios.

Nesta segunda semana, foram definidas algumas atividades cujo desenvolvimento possui um maior tempo de execução sendo colocadas no campo “Semana n+1” do quadro de atividades. Essas atividades encontram-se presentes na Tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de atividades do campo “Semana n+1” da segunda semana de seguimento do *workshop*

	Atividade
1	Verificar quando o <i>offset</i> se desajusta por ano
2	Manutenção do bloco de ligações pneumáticas
3	Experimentar bloco de ligações novo, para verificar se dificuldades se mantêm
4	Estudar atividade mais simples para a alteração do monitor

A sistemática desenvolvida permite que se continuem as reuniões até que sejam fechados todos os pontos do plano de ações, mesmo após o término do período da dissertação.

4.2.2 Máquina de inserção automática

No caso das máquinas Panasonic as oportunidades de melhoria são mais reduzidas. No entanto, existem possibilidades de reduzir consideravelmente o tempo de *changeover* nestas máquinas.

Ao nível da redução de problemas durante o *changeover*, e considerando os problemas de não detecção de *nozzles* e má configuração da largura do transportador, estes podem ser resolvidos com tarefas de manutenção e calibração mais eficazes. Em relação à falta de *nozzles*, a criação de uma ficha que registre as entradas e saídas de *nozzles* da máquina permitirá saber se a máquina tem os *nozzles* necessários, reduzindo deste modo o tempo gasto durante o *changeover* em problemas e avarias.

Considerando apenas a redução do tempo de *changeover* através de melhorias de organização e técnicas verifica-se que, sendo que cada máquina possui quatro mesas e, atualmente, apenas é permitido trocar duas mesas ao mesmo tempo e do mesmo lado, o tempo de *changeover* está severamente limitado por isso. Portanto, a solução passará por remover as quatro mesas ao mesmo tempo. Para isso é necessário, em primeiro lugar, compreender por que razão não é possível, atualmente, remover as quatro mesas ao mesmo tempo.

Para proceder à retirada das quatro mesas ao mesmo tempo é necessário que os *gantries*, um por mesa, estejam no centro da máquina para que as mesas possam subir e não os atingir e possivelmente danificar. Porém, quando os *gantries* estão ao centro, existe uma proteção que está por cima das mesas que tem que levantar para se proceder à retirada das mesas. Essa proteção embate contra os *gantries* impossibilitando assim a correta retirada das mesas da máquina. Essa proteção é necessária para garantir a impossibilidade de introduzir as mãos na máquina com esta em funcionamento.

De momento, existe uma proposta que visa a retirada das quatro mesas em simultâneo. Essa proposta assenta no corte de uma das proteções da máquina, que está imediatamente por cima dos *feeders*, e na extensão de outra, que resguarda a mesa, para cobrir a função que a primeira proteção cumpria. Esta proposta implica alterações ao nível da segurança da máquina, o que torna a sua implementação difícil, já que o fornecedor não considera que a segurança seja garantida com esse tipo de alterações. Na Figura 28 encontra-se a proposta feita ao fornecedor para a modificação das proteções da máquina.



Figura 28 – Proposta de corte de proteções da máquina

No entanto, e para fazer face à redução dos tempos de *changeover*, as máquinas de inserção automática Panasonic são, atualmente, produzidas atendendo à possibilidade de as quatro mesas serem retiradas ao mesmo tempo, tornando assim o tempo de *changeover* mais reduzido.

Tendo em conta as restrições de não fazer alterações na máquina seria possível e benéfico retirar as mesas da máquina de forma cruzada como se pode observar na Figura 29.

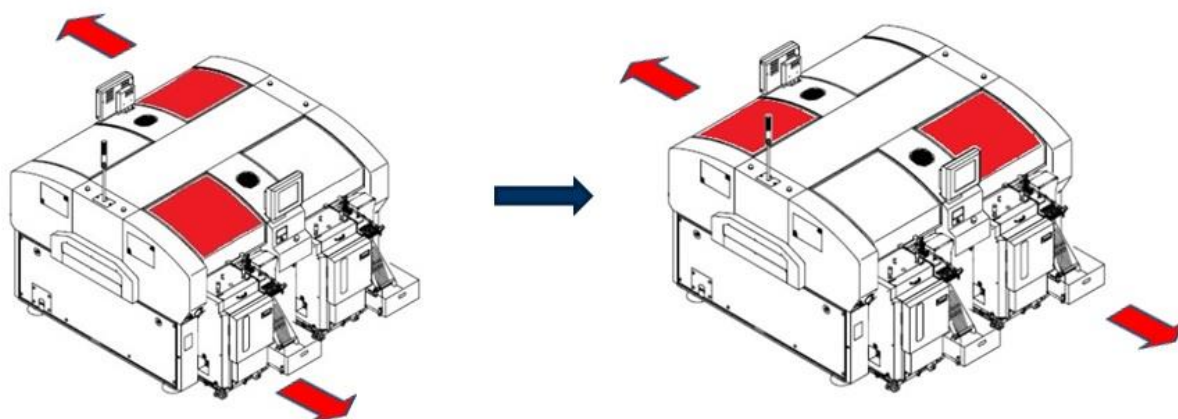


Figura 29 – Proposta para proceder à retirada das mesas das máquinas de inserção automática Panasonic

Com esta proposta não é necessário o corte das proteções da máquina e não existe o problema de as mesas baterem nas cabeças da máquina. O grande benefício desta proposta é a redução do número de operadores necessários para realizar o *changeover* de quatro para dois, já que apenas é necessário estar um operador de cada lado em vez de dois. Utilizando quatro operadores, dois em cada lado, esta melhoria possibilitaria que um operador retirasse a mesa e o outro empurrasse a mesa da próxima produção sem ser necessário que um operador tenha que realizar ambas as tarefas para cada mesa, havendo assim uma redução do tempo de *changeover* necessário.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Como objetivo principal do projeto, pretendia-se reduzir para valores mínimos o tempo de mudança de produção de linhas SMD num período de quatro meses. Inicialmente, a maior atenção do projeto estaria nas máquinas de inserção automática, sendo proposta a redução do tempo de *changeover* para três minutos. No entanto, foi identificada como prioritária a análise da máquina de impressão de pasta, considerando que é a máquina onde era desperdiçado mais tempo durante o *changeover*. Além disso, essa máquina apresenta um maior número de oportunidades de melhoria tornando-se, por essa razão, no foco de maior atenção do projeto.

Considerando a máquina de impressão de pasta como prioritária foi desenvolvido um novo *standard*. Esse *standard* apresenta todas as propostas de melhoria e, com base nos tempos das tarefas obtidos nas filmagens, demonstra o tempo que este tomaria para ser cumprido. O tempo total da forma de trabalho proposta, assim como todos os tempos e tarefas intermédias, está presente na Tabela 9.

Tabela 9 – Novo *Standard* incorporando todas as propostas de melhoria

Novo standard - Tempo total 3 minutos e 17 segundos			
Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	
1 Selecionar "stop production"	14	14	00:14,0
2 Coloca placa de arranque na entrada da máquina do aparelho que acabou	5	19	00:19,0
3 Selecionar opção "remove squeegee and screen"	16	35	00:35,0
4 Abrir porta frontal	2	37	00:37,0
5 Retirar raqueletes	15	52	00:52,0
6 Retirar tela e coloca no suporte intermédio	9	61	01:01,0
7 Fechar porta frontal	2	63	01:03,0
8 Selecionar opção "basic position"	3	66	01:06,0
9 Retira placa de arranque do produto anterior	5	71	01:11,0
10 Coloca placa de arranque de vario grid na entrada da máquina (máquina lê código de barras e carrega programa)	5	76	01:16,0
11 Selecionar opção "transport"	15	91	01:31,0
12 Abrir porta frontal	2	93	01:33,0
13 Colocar barra de variogrid	5	98	01:38,0
14 Fazer ligações pneumáticas	20	118	01:58,0
15 Colocar tela (com pasta pré aplicada) na máquina até ao batente	9	127	02:07,0
16 Colocar raqueletes na máquina	27	154	02:34,0
17 Fechar porta frontal	2	156	02:36,0
18 Selecionar opção "mold variogrid"	6	162	02:42,0
19 Retira placa de arranque variogrid	5	167	02:47,0
20 Coloca placa de arranque do novo produto (para fazer rolo)	5	172	02:52,0
21 Selecionar opção "start production"	5	177	02:57,0
23 Selecionar opção "stop production"	5	182	03:02,0
24 Retirar placas de arranque à saída da koh young	10	192	03:12,0
25 Selecionar opção "start production"	5	197	03:17,0

No *standard* da Tabela 9 foram consideradas as propostas de melhoria apresentadas no *workshop*. Esta apresentação foi importante pois possibilitou a validação dessas propostas. Essa validação indica que todas as propostas de melhoria introduzidas no plano de ações são

passíveis de serem implementadas. Essa implementação fica apenas dependente do decorrer das reuniões de seguimento do workshop.

Comparando o tempo de três minutos e dezassete segundos, verificado no *standard* da Tabela 9, com o tempo de dez minutos necessário para o cumprimento das IFC, verifica-se uma melhoria significativa de seis minutos e quarenta e três segundos. Em termos percentuais verifica-se, então, uma redução de 67%.

Comparativamente ao verificado em outras fábricas Bosch, verifica-se também um tempo menor de mudança, mesmo considerando que essas fábricas têm menores restrições ao nível do *changeover*.

Tomando os dois objetivos principais em atenção, constata-se que estes foram cumpridos com a normalização do processo de mudança de produção, acompanhada de uma visível redução dos tempos praticados.

É importante notar, também, que foram identificadas e apresentadas mais propostas de melhoria para as atividades internas, mais especificamente para as máquinas de inserção automática. As propostas apresentadas visam, no melhor dos casos, a redução para metade do tempo gasto durante o *changeover* destas máquinas, passando dos sete minutos para os três minutos e meio. Essas propostas permitiriam, assim, reduzir o tempo de mudança dessas máquinas para um valor aproximado àquele referido como objetivo numa fase inicial do projeto, os três minutos.

Foram também apresentadas propostas de melhoria para as atividades externas. Essas propostas referem para a melhoria das condições organizacionais ou de ergonomia. Em discussão com os operadores é possível verificar que essas propostas de melhoria tornam o seu trabalho mais simples e cómodo.

Seguindo uma orientação de melhoria contínua, é relevante referir que é de extrema importância o acompanhamento constante das atividades de *changeover* para que as melhorias sejam verdadeiramente notadas. Este acompanhamento também permite verificar novas oportunidades de melhoria e consequentes propostas de melhoria.

Uma perspetiva de trabalho futuro passa pela continuação da análise dos pontos em aberto, e pela implementação de todas as propostas de melhoria relatadas. O decréscimo no tempo de mudança de produção é significativo e, numa ótica de redução de desperdício e da implementação da filosofia *lean*, este será um passo a ser dado. A sistemática apresentada e o trabalho realizado permitirão que o fecho dos pontos em aberto seja concretizado facilmente e de forma breve.

O estudo contínuo das necessidades das atividades externas é também importante, mesmo considerando que não têm influência direta no tempo de *setup*. Estas atividades contribuem, também, para a eficiência geral da fábrica pelo que não devem ser negligenciadas.

Outra proposta para trabalhos futuros engloba o estudo de como a projetada quarta revolução industrial (*Industrie 4.0*) influencia as atividades de *changeover*. O conceito de *Industrie 4.0* encontra-se a ser desenvolvido com o apoio do governo alemão. Hermann et al (2015) identifica como componentes chave os seguintes: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IoT), *Internet of Services* (IoS), e *Smart Factory*.

CPS são a combinação da parte computacional com a parte física dos processos. Essencialmente os equipamentos incorporam não só a parte física como a parte virtual fazendo a interligação entre os dois.

IoT permite a interação entre vários equipamentos. A Internet das Coisas permite fazer uma rede de interação entre os vários CPS. O conceito de *Smart Factory*, referido como um dos componentes chave da quarta revolução industrial, é um dos exemplos de aplicação da IoT.

A Internet dos Serviços possibilita que se ofereça serviços pela internet. O sistema, após o cliente ter introduzido as suas especificações, poderá coordenar todos os serviços e máquinas para que estas correspondam e produzam o que o cliente pretende.

O conceito de *Smart Factory* inclui as ideias de CPS e IoT. Os CPS através da IoT comunicam para permitir uma gestão mais eficiente de recursos. Por exemplo, para a implementação de um *milk-run* com base em necessidades, são utilizados transportadores de peças de trabalho inteligentes. Estes avisam quando uma peça está pronta para ser recolhida e apenas permitem que o *milk-run* se inicie quando há uma necessidade (Hermann, Pentek e Otto 2015).

Todos estes conceitos possibilitariam que as atividades de *changeover* fossem melhor coordenadas. O estudo e implementação destas ferramentas permitiria por exemplo, que os programas para produção fossem carregados automaticamente eliminando-se dessa forma uma fonte de perda de tempo. A comunicação entre máquinas seria também um fator importante. Considerando que a garantia de qualidade é, atualmente, fulcral, as empresas possuem em muitos casos máquinas apenas para fazer a verificação da qualidade do produto. No âmbito deste projeto, foi por variadas vezes referida a máquina de inspeção de pasta e que através da informação dada por esta seriam corrigidos parâmetros na máquina anterior, de impressão de pasta. Utilizando os conceitos da quarta revolução industrial, seria possível a comunicação entre estes dois equipamentos eliminando-se assim a necessidade de corrigir manualmente os parâmetros.

Referências

- Bosch. *Bosch Production System*. Stuttgart, 2013.
- Coimbra, Euclides. *Kaizen in Logistics & Supply Chains*. McGraw-Hill Education, LLC, 2013.
- Dvorak, Paul. “Poka-Yoke Designs Make Assemblies Mistake-proof.” In *Machine Design*, 181-184. 1998.
- Hermann, Mario, Tobias Pentek, e Boris Otto. “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review.” 2015.
- Hui, Ip Kee. “Analysis of surface mount technology solder joints.” 1996.
- Lopes, Raul, Carlos Neto, e João Pinto. “Quick Changeover: Aplicação prática do método SMED.”
- McIntosh, R. I., S. J. Culley, A. R. Mileham, e G. W. Owen. *Improving Changeover Performance*. Butterworth Heinmann: Oxford, 2001.
- McIntosh, R. I., S. J. Culley, A. R. Mileham, G. W. Owen, e M. Reik. *Design for Changeover: enabling the design of highly flexible, highly responsive manufacturing process*. 2005.
- Shingo, Shigeo. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press, 1985.
- Siemens AG. *The world of Surface Mount Technology A manual*. Munich, 1999.
- Sugai, Miguel, Richard McIntosh, e Olívio Novaski. “Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.” 323-335. 2007.
- Suzaki, Kiyoshi. *Metodologias Kaizen Para A Melhoria Contínua*. Impressão Rainho & Neves, Lda, 1987.
- Tapping, Don, e Tom Shuker. *Value Stream Management for the Lean Office*. Productivity Press, 2003.
- The Productivity Press Development Team. *Quick Changeover for Operators: The SMED System*. Portland, Oregon: Productivity, Inc, 1996.

ANEXO A: Layout do parque de máquinas

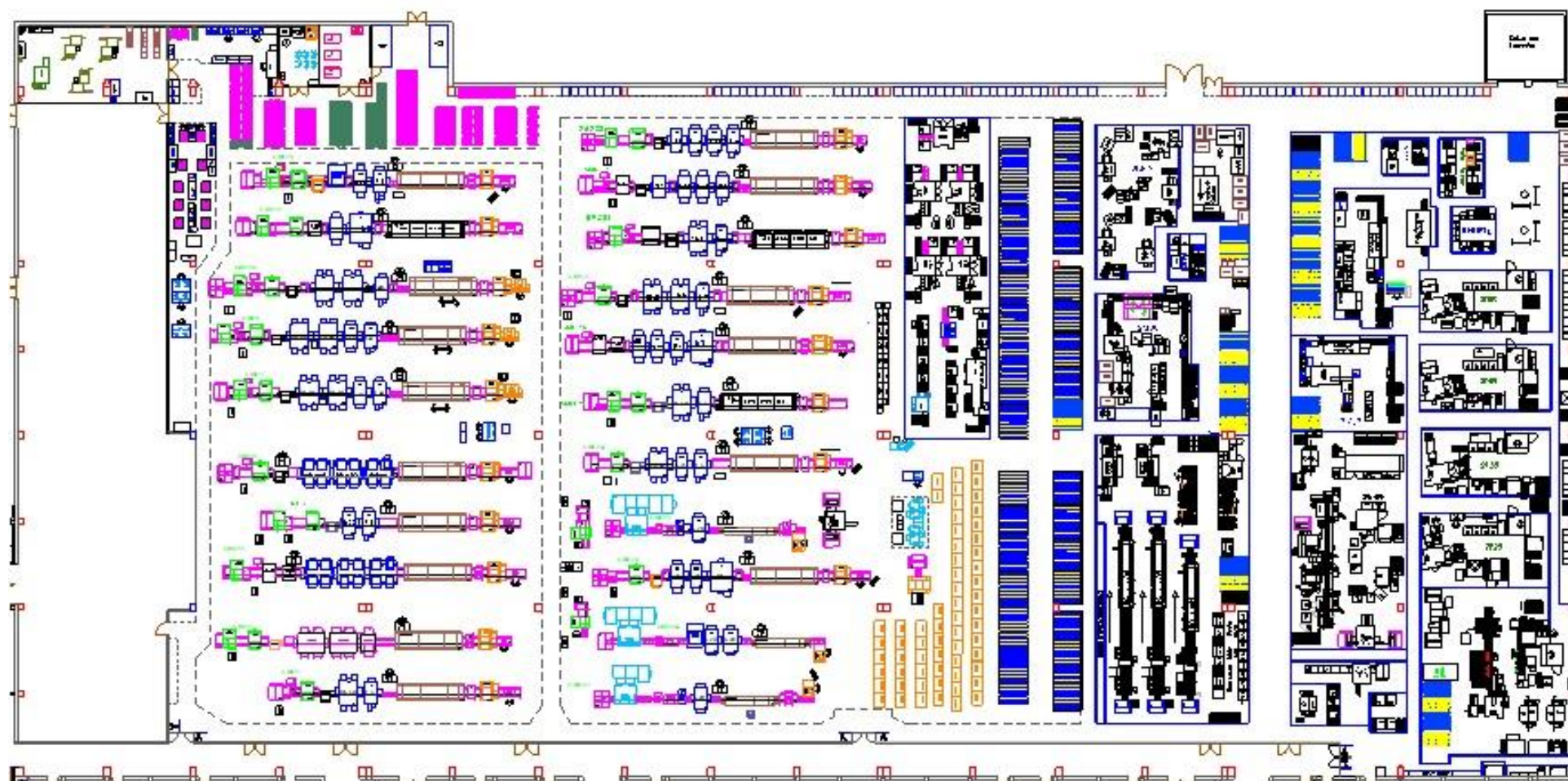


Figura 1 – Parque de máquinas

ANEXO B: VSDiA

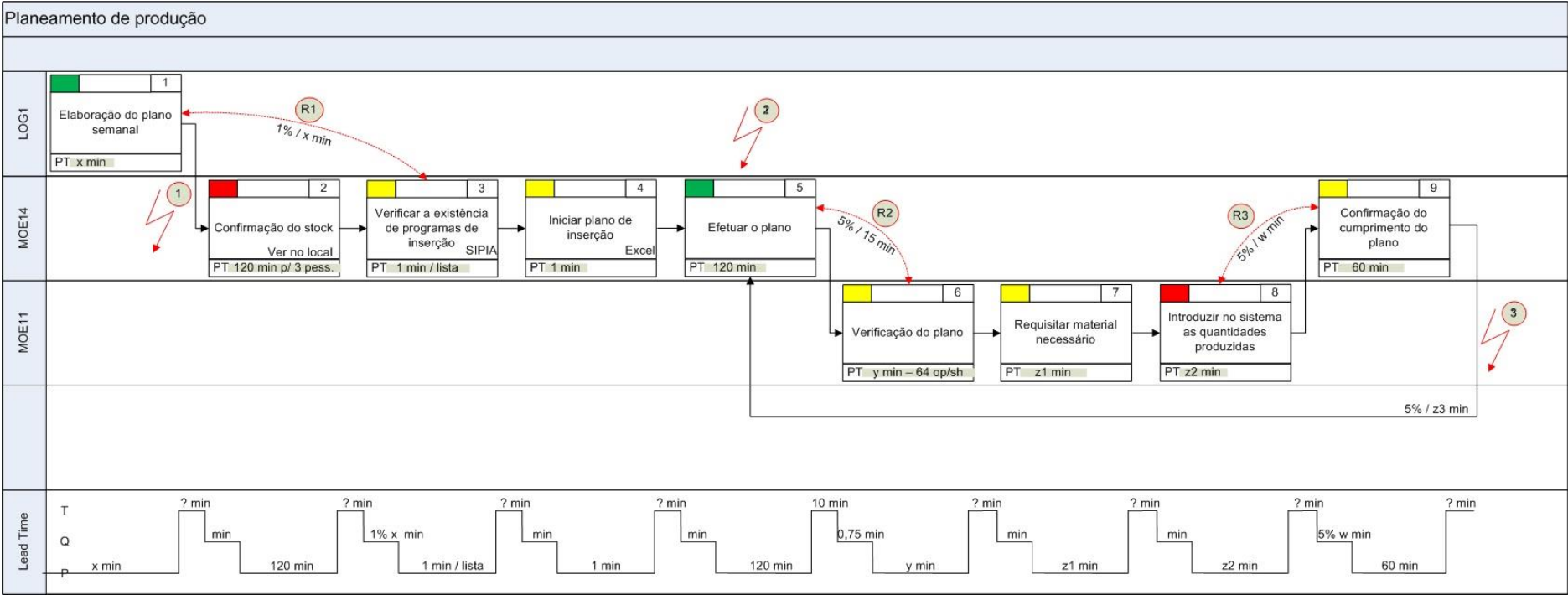


Figura 1 - VSDiA

ANEXO C: *Standards* da preparação de fases

Tabela 1 – Trabalho *standard* do posto 1 da preparação de fases

	Posto 1 - Atividade Standard
1	Recolher mesa para a zona de trabalho
2	Retirar cobertura de proteção dos <i>feeders</i>
3	Premir o fecho da roda de arrasto para soltar a fita transparente
4	Puxar a fita transparente cerca de 10 cm e cortar com tesoura a fita junto à roda de arrasto
5	Premir a patilha e abrir a janela do feeder
6	Desencaixar a fita de material da roda dentada com os dedos
7	Colocar a fita de material fora da roda dentada
8	Pegar na bobine e enrolar a fita à medida que esta é puxada do feeder
9	Prender a ponta da fita transparente à bobine com fita-cola térmica
10	Colar selo laranja próximo do código 2D sem o cobrir
11	Colocar bobine no carro de devolução de material
12	Abriu a tampa do compartimento de fita transparente do feeder
13	Remover fita transparente para fora do compartimento e cortar a fita
14	Fechar tampa do compartimento de fita transparente
15	Despejar gaveta das aparas

Tabela 2 – Trabalho *standard* de limpeza do posto 2 da preparação de fases

	Posto 2 - Limpeza - Atividade Standard
1	Recolher mesa para a zona de trabalho
2	Aspirar <i>feeders</i>
3	Retirar <i>feeders</i> da mesa (um de cada vez)
4	Colocar <i>feeder</i> no respetivo armário
5	Verificar estado das fichas de ligação (caso NOK enviar mesa para reparação)
6	Colocar luvas de nitrilo
7	Aspirar base da mesa (apoio dos <i>feeders</i>)
8	Aspirar a zona da mesa onde se colocam as bobines de material

Tabela 3 – Trabalho *standard* de colocação de *feeders* do posto 2 da preparação de fases

	Posto 2 - Colocação de <i>feeders</i> - Atividade Standard
1	Verificar no plano de produção as listas a preparar
2	Entrar no SIPIA e selecionar a opção "Receita"
3	Selecionar a opção "Listar"
4	Introduzir número do produto
5	Verificar qual o <i>setup</i> indicado
6	Verificar no <i>setup</i> os <i>feeders</i> necessários e a sua respetiva posição
7	Retirar <i>feeder</i> do armário e colocá-lo na mesa no lugar respetivo
8	Verificar se a patilha está empenada e se tem fitas
9	Verificar se o <i>feeder</i> abana
10	Configurar <i>feeders</i> para as respetivas larguras de fita (12 mm, 16 mm, 24 mm e 32 mm)
11	Colocar guias para os <i>feeders</i> duplos
12	Retirar braços nos casos de não existirem <i>feeders</i> triplos

Tabela 4 – Trabalho *standard* do posto 3 da preparação de fases

	Posto 3 - Atividade Standard
1	Recolher mesa para a zona de trabalho
2	Inserir espaçadores conforme o tipo de <i>feeder</i> e no caso de componentes 0402 (duplo)
3	Verificar se o espaçador ficou na posição de <i>pickup</i>
4	Colocar separadores de rolos na mesa no caso de haver rolos grandes
5	Enfiar a fita de material no <i>feeder</i>

Tabela 5 – Trabalho *standard* do posto 4 da preparação de fases

	Posto 4 - Atividade Standard
1	Recolher mesa para a zona de trabalho
2	Ligar a mesa
3	Pressionar o retentor
4	Levantar a janela do <i>feeder</i>
5	Passar a fita transparente sobre o separador e fechar a janela do <i>feeder</i> (garantir o correto fecho dos <i>feeders</i>)
6	Encaixar a fita de componentes na roda dentada
7	Puxar a fita transparente para trás (aproximadamente 30 cm)
8	Retirar o <i>feeder</i> cerca de 20 cm e ligar a ficha que se encontra do lado direito da mesa
9	Fazer um vinco em forma de "V" na fita transparente
10	Colocar a fita transparente entre as engrenagens e pressionar a tecla auxiliar
11	Manter a tecla auxiliar pressionada até que o motor se desligue
12	Alimentar a fita de componentes até ter um componente exposto
13	Desligar a mesa garantindo que os cabos ficam devidamente acondicionados
14	Colocar a proteção de tecido na mesa de acordo com código de cores e posição correta

Tabela 6 – Trabalho *standard* do posto 5 da preparação de fases

Posto 5 - Atividade Standard	
1	Com o PDA aberto no "Main Menu", selecionar a opção "Change Location"
2	Colocar a respetiva linha
3	Selecionar a respetiva máquina
4	No "Main Menu" selecionar a opção "Presetup"
5	Colocar a identificação
6	Selecionar a opção "New Setup"
7	Selecionar "New Select"
8	Selecionar a mesa
9	Colocar a identificação da mesa
10	Ler etiqueta Matlabel ou Packaged ID da bobine correspondente a cada posição e selecionar "enter"
11	Selecionar a opção "Fechar preparação"
12	Selecionar a opção "Imprimir label"
13	Colocar label de validação no suporte da mesa

ANEXO D: *Standard de changeover de software*

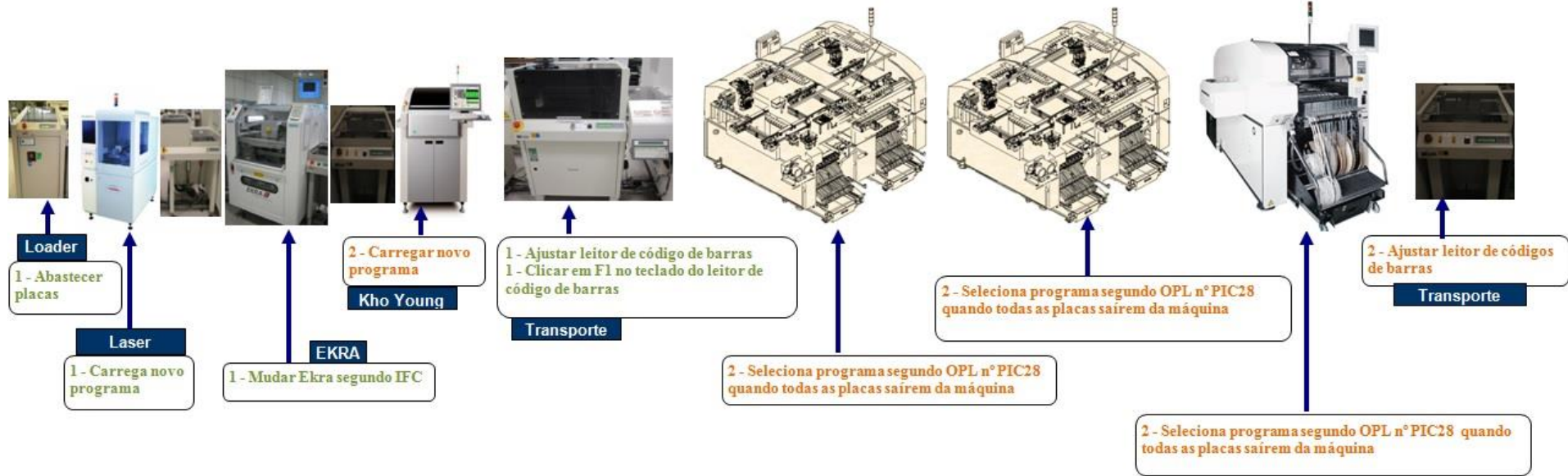


Figura 1 – Standard de changeover de software

ANEXO E: Fluxograma de *changeover* da EKRA

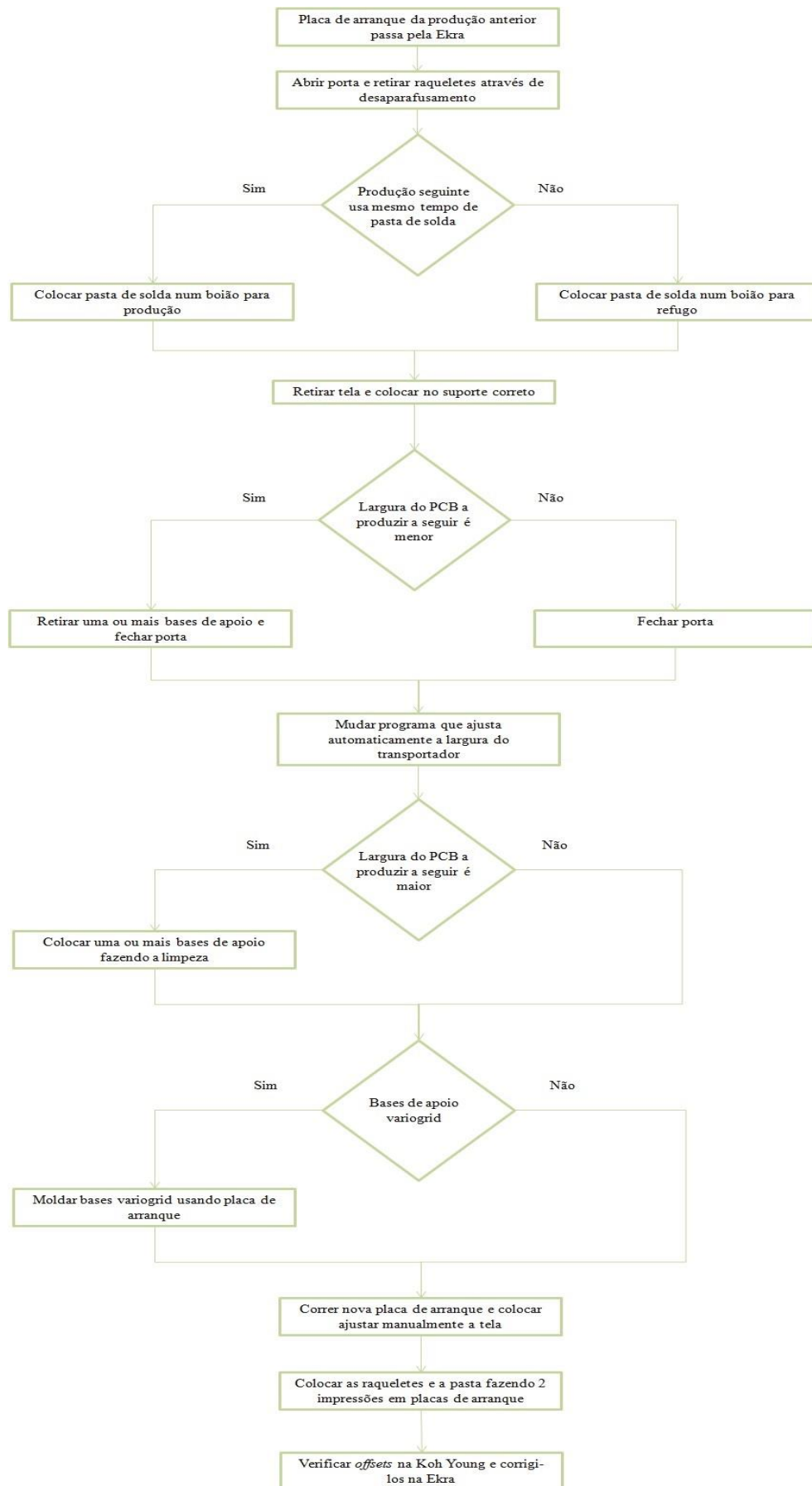


Figura 1 – Fluxograma de *changeover* da EKRA

ANEXO F: Tempos das filmagens do *changeover* da máquina de impressão de pasta

Tabela 1 – Tempos da primeira filmagem

1º Video - Tempo total 5 minutos e 15 segundos				
Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	Deslocamento (s)	
1 Colocar luvas de nitrilo	9	9		00:09,0
2 Verifica raqueletes	5	14		00:14,0
3 Ajusta luvas	5	19		00:19,0
4 -	9	28		00:28,0
5 Coloca placa de arranque	5	33	3	00:33,0
6 Clica "automatic"	14	50		00:50,0
7 Clica "sq up/down"	1	51		00:51,0
8 Clica "screen clamping"	0	51		00:51,0
9 Confirma "yes"	1	52		00:52,0
10 Clica "basic position"	2	54		00:54,0
11 Roda botão do variogrid para OFF	8	62		01:02,0
12 Abre porta	2	64	1	01:04,0
13 Abre boião de pasta	5	70		01:10,0
14 Pega nas espatulas	4	74	1	01:14,0
15 Remove raquetele	5	80		01:20,0
16 Remove pasta da raquetele	3	83		01:23,0
17 Remove parafusos e pausa raquetele	8	91		01:31,0
18 Coloca parafusos na raquetele para nova produção	6	97	2	01:37,0
19 Remove raquetele	2	101		01:41,0
20 Remove pasta da raquetele	9	110		01:50,0
21 Remove parafusos e pausa raquetele	8	118		01:58,0
22 Coloca parafusos na raquetele para nova produção	10	128		02:08,0
23 Remove pasta da tela	18	146		02:26,0
24 Retira tela e coloca no suporte	9	155		02:35,0
25 Coloca a tela nova na máquina	7	162		02:42,0
26 Fecha a porta	2	164		02:44,0
27 Avaria	76	240		04:00,0
28 Escolhe o programa	10	250		04:10,0
29 -	19	269		04:29,0
30 Abre a porta	2	271		04:31,0
31 Ajuste manual da tela	18	289		04:49,0
32 Fecha a porta	2	291		04:51,0
33 Clica em "screen clamping"	1	292		04:52,0
34 Abre a porta	2	294		04:54,0
35 Coloca as raqueletes	27	321		05:21,0
36 Mexe a pasta	6	327		05:27,0
37 Coloca pasta na tela	27	354		05:54,0
38 Fecha a porta	4	358		05:58,0
39 Clica "sq up/down"	1	359		05:59,0
40 Clica "print"	16	375		06:15,0
41 Clica "transport"	2	377		06:17,0
42 Verifica placa a olho	10	387		06:27,0
43 Clica "automatic"	4	391		06:31,0
44 Lê código de barras da tela	8	399		06:39,0
45 Lê código de barras da pasta	8	407		06:47,0
46 Verifica a máquina	33	440		07:20,0
47 Fecha boião e arruma	15	455		07:35,0
48 Limpa placa de arranque	25	480		08:00,0
49 Limpa espatulas	40	520		08:40,0
50 Retira luvas	12	532		08:52,0
51 Guarda placas	12	544		09:04,0
52 Retira óculos	2	546		09:06,0

Tabela 2 – Tempos da segunda filmagem (tarefas 1 a 62)

2º Video - Tempo total 7 minutos e 27 segundos				
Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	Deslocamento (s)	
1 Colocar luva de nitrilo esquerda	2	2		00:02,0
2 Clicar "automatic"	12	14		00:14,0
3 Colocar luva de nitrilo direita	4	18		00:18,0
4 Abre boiões de pasta	9	27		00:27,0
5 Coloca olhos	4	31		00:31,0
6 Roda botão do variogrid para OFF	1	32		00:32,0
7 Clicar "Sq up/down"	6	38		00:38,0
8 Clicar "screen clamping"	2	40		00:40,0
9 Clicar "yes"	1	41		00:41,0
10 Clicar "basic position"	2	43		00:43,0
11 Ajustar máquina - colocar contador a zero e quantidade planeada	8	51		00:51,0
12 Abrir a porta	2	53		00:53,0
13 Retira raqueletes	17	70		01:10,0
14 Retira pasta da tela	25	95		01:35,0
15 Fecha porta	4	99		01:39,0
16 Clicar "screen clamping"	2	101		01:41,0
17 Abrir a porta	2	103		01:43,0
18 Retira tela e coloca no suporte	6	109		01:49,0
19 Fecha porta	4	113		01:53,0
20 Ajusta largura do conveyor	15	128		02:08,0
21 Abre porta	1	129		02:09,0
22 Desloca-se para buscar barra variogrid	7	136		02:16,0
23 Coloca barra variogrid	5	141		02:21,0
24 Faz ligações pneumáticas	41	182		03:02,0
25 Recolhe e coloca tela na máquina	8	190		03:10,0
26 Coloca raqueletes	18	208		03:28,0
27 Tenta colocar placa de arranque	9	217		03:37,0
28 Fecha porta	2	219		03:39,0
29 Ajusta largura do conveyor	6	225		03:45,0
30 Abre porta	2	227		03:47,0
31 Coloca placa de arranque	4	231		03:51,0
32 Fecha porta	1	232		03:52,0
33 Clica "transport"	15	247		04:07,0
34 Abre porta	1	248		04:08,0
35 -	4	252		04:12,0
36 Ajuste manual da tela	33	285		04:45,0
37 Fecha porta	3	288		04:48,0
38 Clica "screen clamping"	1	289		04:49,0
39 Roda botão do variogrid para LIFT	2	291		04:51,0
40 Roda botão do variogrid para CLAMP	1	292		04:52,0
41 Abre porta	2	294		04:54,0
42 Tira segunda tampa do boião	2	296		04:56,0
43 Recolhe espátula	2	298		04:58,0
44 Mexe pasta	6	304		05:04,0
45 Coloca pasta na tela	28	332		05:32,0
46 Pousa boião e espátula	6	338		05:38,0
47 Fecha porta	2	340		05:40,0
48 Clica "print"	5	345		05:45,0
49 Clica "basic position"	8	353		05:53,0
50 Verifica saída da máquina e recolhe placa	1	354		05:54,0
51 Abre e fecha porta	3	357		05:57,0
52 Clica "print"	7	364		06:04,0
53 Clica "sq up/down"	2	366		06:06,0
54 Clica "automatic"	2	368		06:08,0
55 Pousa placa	5	373		06:13,0
56 Pega no leitor de código de barras	1	374		06:14,0
57 Abre porta	2	376		06:16,0
58 Valida tela	2	378		06:18,0
59 Fecha porta	1	379		06:19,0
60 Valida pasta	3	382		06:22,0
61 Pousa leitor	2	384		06:24,0
62 -	13	397		06:37,0

Tabela 3 – Tempos da segunda filmagem (tarefas 63 a 79)

2º Video - Tempo total 7 minutos e 27 segundos				
	Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	Deslocamento (s)
63	Abre porta	2	399	06:39,0
64	Coloca placa de arranque	2	401	06:41,0
65	Fecha porta	1	402	06:42,0
66	Clica "transport"	14	416	06:56,0
67	Clica "table up/down"	3	419	06:59,0
68	Clica "print"	1	420	07:00,0
69	Clica "basic position"	9	429	07:09,0
70	Verifica placa	2	431	07:11,0
71	Clica "automatic"	10	441	07:21,0
72	Valida pasta	8	449	07:29,0
73	Fecha boião da pasta LF	8	457	07:37,0
74	Limpa raqueletes	47	504	08:24,0
75	Fecha boião da pasta L	19	523	08:43,0
76	Limpa espátulas	58	581	09:41,0
77	Limpa mesa	15	596	09:56,0
78	Limpa placa	24	620	10:20,0
79	Retira luvas	-	-	

Tabela 4 – Tempos da filmagem de confirmação de processo

3º Vídeo - Confirmação do processo - Tempo total >30 min			
Tarefa	Tempo Parcial (s)	Tempo Acumulado (s)	
1 Coloca luvas de nitrilo	33	33	00:33,0
2 Abre boião da pasta	6	39	00:39,0
3 Mexer a pasta	26	65	01:05,0
4 Coloca óculos	8	73	01:13,0
5 Clica "sq up/down"	5	78	01:18,0
6 Clica "screen clamping"	1	79	01:19,0
7 Clica "yes"	0	79	01:19,0
8 Abre porta	5	84	01:24,0
9 Coloca placa de arranque	10	94	01:34,0
10 Fecha porta	2	96	01:36,0
11 Clica "transport"	13	109	01:49,0
12 Clica "table up/down"	2	111	01:51,0
13 Abre porta	2	113	01:53,0
14 Retira raqueletes	21	134	02:14,0
15 Recolhe espátulas	2	136	02:16,0
16 Tira pasta da tela	24	160	02:40,0
17 Retira tela e coloca no suporte	10	170	02:50,0
18 Fecha porta	7	177	02:57,0
19 Clica "basic position"	7	184	03:04,0
20 Recolhe e guarda placa de arranque	5	189	03:09,0
21 Escolhe programa	22	211	03:31,0
22 Recolhe material para limpeza da base	10	221	03:41,0
23 Abre a porta	2	223	03:43,0
24 Limpa base da máquina	17	240	04:00,0
25 Recolhe base variogrid	6	246	04:06,0
26 Coloca variogrid	13	259	04:19,0
27 Faz ligações pneumáticas	24	283	04:43,0
28 Verifica pino variogrid	467	750	12:30,0
29 Fecha porta	2	752	12:32,0
30 Colocar quantidade planeada	7	759	12:39,0
31 Coloca placa de arranque	17	776	12:56,0
32 Clica "transport"	18	794	13:14,0
33 Abre porta	2	796	13:16,0
34 Coloca tela na máquina	15	811	13:31,0
35 Coloca raqueletes	24	835	13:55,0
36 Fecha porta	3	838	13:58,0
37 Clica "table up/down"	10	848	14:08,0
38 Abre porta	2	850	14:10,0
39 Ajusta tela	22	872	14:32,0
40 Molda variogrid	2	874	14:34,0
41 Fecha porta	8	882	14:42,0
42 Clica "basic position"	8	890	14:50,0
43 Retira placa de arranque	5	895	14:55,0
44 Coloca placa de arranque na entrada da máquina	7	902	15:02,0
45 Clica "transport"	15	917	15:17,0
46 Clica "table up/down"	1	918	15:18,0
47 Abre porta	3	921	15:21,0
48 Coloca pasta na tela	70	991	16:31,0
49 Pousa material	6	997	16:37,0
50 Fecha porta	3	1000	16:40,0
51 Clica "sq up/down"	8	1008	16:48,0
52 Clica "print"	12	1020	17:00,0
53 Clica "transport"	2	1022	17:02,0
54 Clica "basic position"	3	1025	17:05,0
55 Retira placa de arranque	7	1032	17:12,0
56 Coloca placa de arranque	11	1043	17:23,0
57 Clica "automatic"	17	1060	17:40,0
58 Ajusta largura do conveyor		1060	17:40,0
59 Limpa placa de arranque	35	1095	18:15,0
60 -		1095	18:15,0
61 Clica "automatic"		1095	18:15,0
62 Coloca placa de arranque	0	1095	18:15,0
63 Verificação de offset		1095	18:15,0
64 Correção de offset	45	1140	19:00,0

ANEXO G: *Standard de changeover de hardware* das máquinas de inserção automática

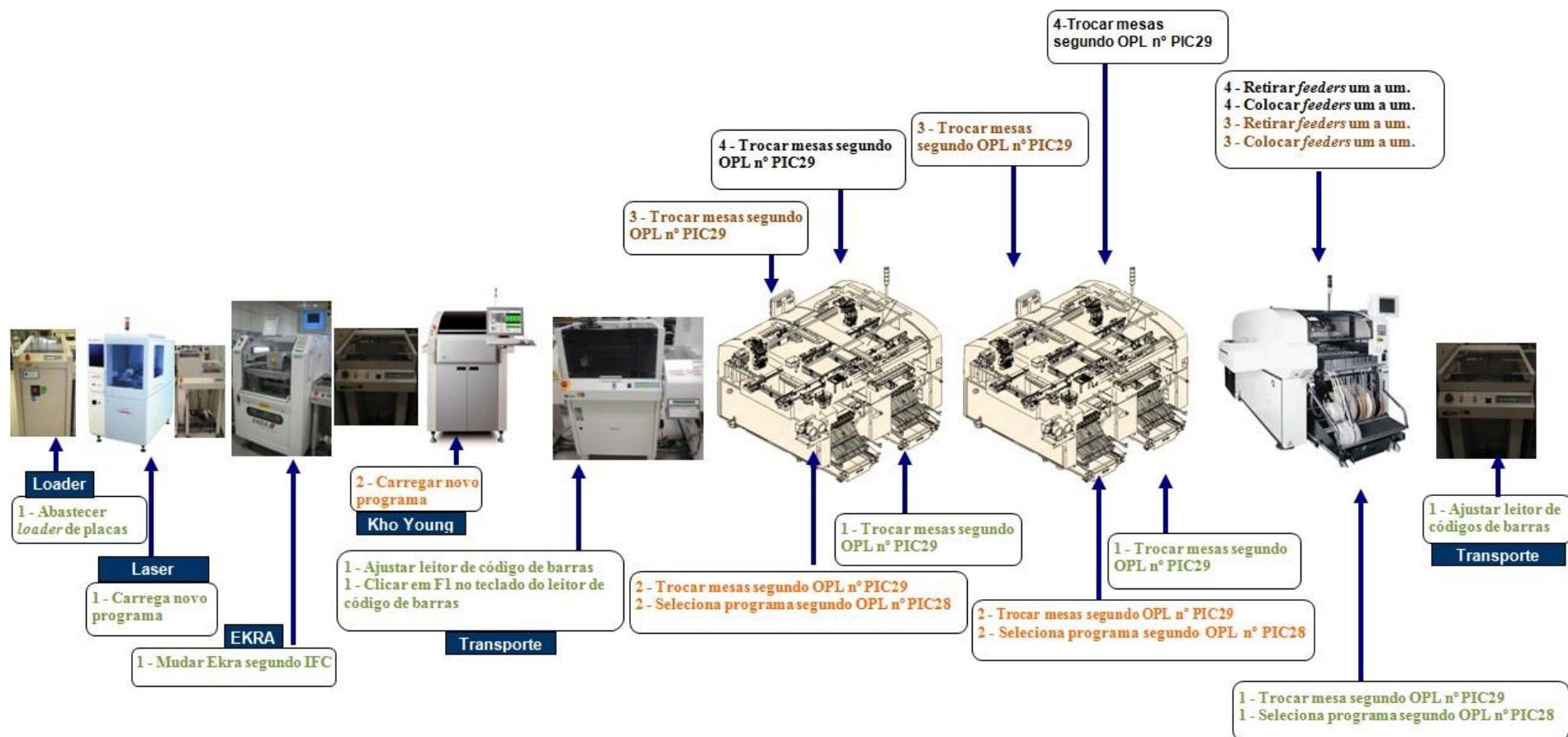


Figura 1 – Standard de changeover de hardware das máquinas de inserção automática

ANEXO H: Quadro das reuniões de seguimento do *workshop*

Reunião diária - Follow-up plano de ações Workshop SMED EKRA

	Dia da Semana					Status		
	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Fechado	Não cumprido	Semana n+1
MOE1-P								
MOE12								
MOE18								
MF12-CP								
TEF2								

Figura 1 – Quadro das reuniões de seguimento do *workshop*

ANEXO I: Fluxograma das reuniões de seguimento do *workshop*

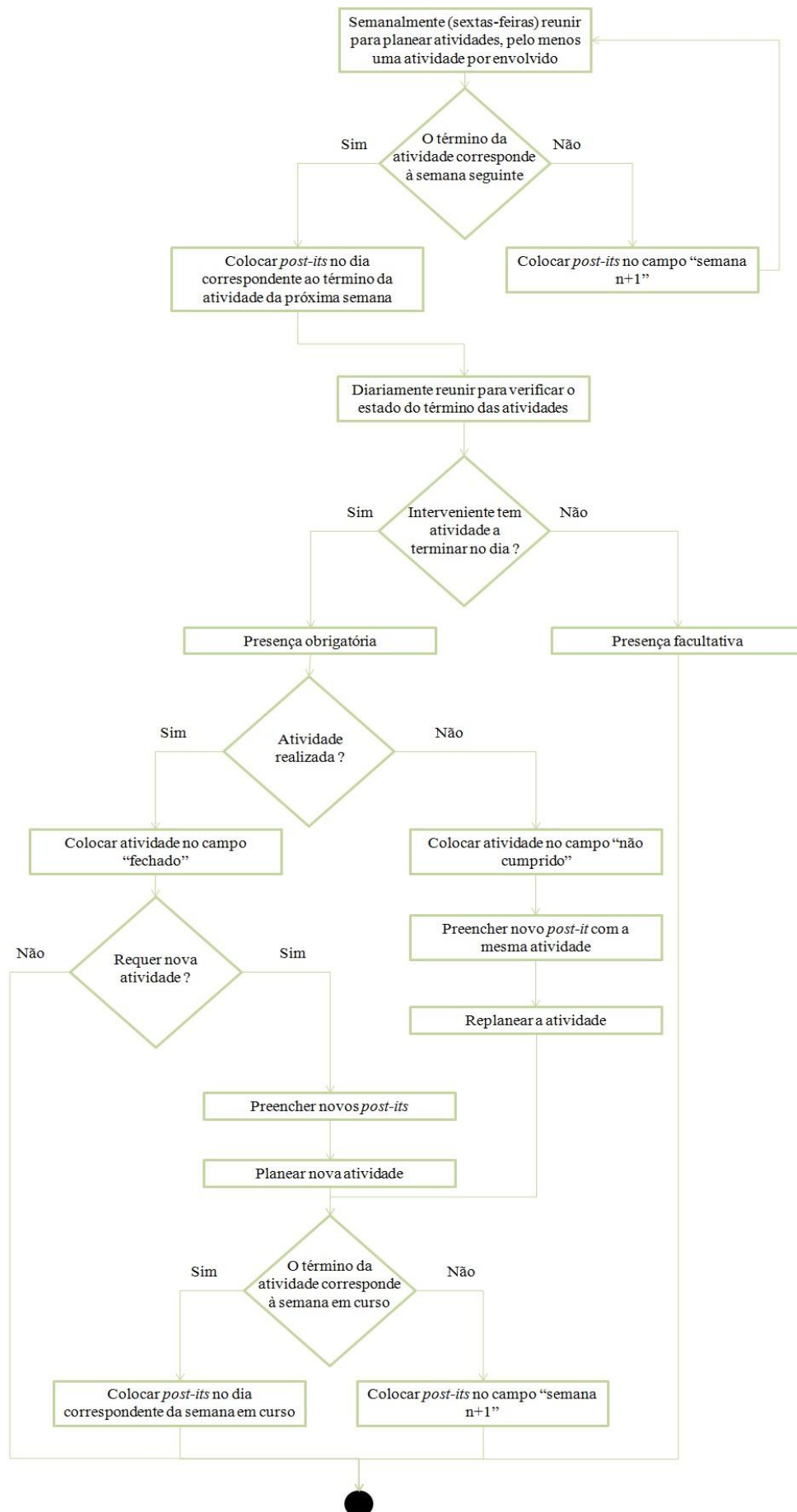


Figura 1 – Fluxograma das reuniões de seguimento do *workshop*

ANEXO J: Quadro de atividades de seguimento do *workshop* da primeira semana

Reunião diária - Follow-up plano de ações Workshop SMED EKRA							
	Dia da Semana					Status	
	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Fechado	Não cumprido
MOE1-P		<div>Inspeção sobre o processo de offcut</div> <div>Data início: 14 maio</div> <div>Data fim: 18 maio</div>					
MOE12			<div>Verificar se o processo manual para "extra" dentro da EKEA</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim:</div> <div>Resp. M. Farias F. Silva</div>	<div>Análise orientações do bloco de ligações</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim:</div> <div>Resp. M. Farias F. Silva</div>			
MOE18							
MF12-CP				<div>Reunião com Ana Romária TEF2 e TEF2 sobre monitor</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim: 21 maio</div>	<div>Entrega de estudo de posto de solda replicada por bisnaga</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim: 22 maio</div>		
TEF2	<div>Verificar quanto falta de correção na manutenção</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim: 18 maio</div>	<div>Documentação para fazer seguimento no desvio de offcut</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim: 18 maio</div>			<div>Auditoria a MOE18 sobre manutenção</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim: 22 maio</div>		<div>Análise estatística dos dados</div> <div>Data início:</div> <div>Data fim:</div>

Figura 1 – Quadro de atividades de seguimento do *workshop* da primeira semana

ANEXO L: Folhas para registo de *offsets*



Registo de alteração de offsets

	Linha:		Equipamento:		Nº Programa	Motivo (se aplicável)	Nome	Turno
	Data	Hora	Realizou offset?					
			Sim	Não				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								

Figura 1 – Folha para registo de *offsets* frente



BOSCH

Registo de alteração de offsets

	Impressão para a frente				Impressão para trás			
	X	X	Y	Y	X	X	Y	Y
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								

Figura 2 – Folha para registo de *offsets* verso

ANEXO M: Quadro de atividades de seguimento do *workshop* da segunda semana

Reunião diária - Follow-up plano de ações Workshop SMED EKRA									
		Dia da Semana					Status		
		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Fechado	Não cumprido	Semana n+1
MCE1-P	MCE1-P		<div>Realizar teste de uma curva piloto de arranque Data início: Data fim: 28 maio</div>				<div>Verificar qual é o parâmetro de AE - effort Não respondido Data início: Data fim:</div>		
	MCE12						<div>Analisar orientações de bloco de ligações Data início: Data fim: Resp: M. Freitas et al</div>		<div>Verificar quanto é effort de desmontagem por uma Data início: Data fim:</div>
	MCE18								<div>Manutenção de bloco de ligações permanentes Data início: Data fim:</div>
	MF12-CP		<div>Verificar possibilidade de não serem feitas as mudanças a partir da segunda coluna de pontos Data início: Data fim:</div>		<div>Análise estatística dos dados Data início: Data fim:</div>		<div>Entrega de estudo de posto de solda aplicado por biscoito Data início: Data fim: 22 maio</div>		<div>Organização de posto - montagem - Estaleiro - parâmetros de ligação - parâmetros de ligação - parâmetros de ligação Data início: Data fim:</div>
	TEF2						<div>Análise de risco sobre manutenção Data início: Data fim: 22 maio</div>		<div>Estudo sobre atividades para montagem - Lista effort Data início: Data fim:</div>

Figura 1 – Quadro de atividades de seguimento do workshop da segunda semana